

**PROTOTIPO DE PROGRAMA COMPUTARIZADO EN REALIDAD VIRTUAL PARA
LA ENSEÑANZA DE LA ANATOMIA CEREBRAL A ESTUDIANTES DE
PSICOLOGIA EN LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

MAURICIO VASQUEZ CARBONELL



**UNIVERSIDAD DE LA COSTA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BARRANQUILLA**

2019

PROTOTIPO DE PROGRAMA COMPUTARIZADO EN REALIDAD VIRTUAL PARA
LA ENSEÑANZA DE LA ANATOMIA CEREBRAL A ESTUDIANTES DE
PSICOLOGIA EN LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA

MAURICIO VASQUEZ CARBONELL

Trabajo de Grado presentado para optar al título de
Magíster en Ingeniería con énfasis en Sistemas

Tutor del proyecto: **ING. JORGE IVAN SILVA ORTEGA Ms.C.**

Cotutor: **ING. JAIME VELEZ Ph.D.**

UNIVERSIDAD DE LA COSTA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION Y ELECTRONICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
BARRANQUILLA

2019

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Barranquilla, 26 de mayo de 2019

Agradecimientos

Agradezco a él todo llamado Dios, que sin darme cuenta me empujo para entrar en este programa. A mi mamá Omara, quien supo antes que yo que terminaría esta tesis y a mi papá Fernando que me inculco la lectura. A mis hermanos Fernando, Fabian y Miguel por también brindar su apoyo, desde lo más sencillo, hasta con aquellas cosas que hasta el día de hoy aun no entiendo como realicé.

Agradezco a Nisa vieja por su apoyo constante, su amor y, sobre todo, paciencia, así como a Nisa bebe por el ánimo que me brinda en cada risa. Así mismo, a Agu y a mi tía Gloria.

A mis tutores, Jorge y Jaime, por su guía y ayuda en la elaboración de este documento.

Por último, agradezco a aquellos amigos que siempre mostraron fe en la terminación de este proyecto.

Resumen

El presente documento busca mostrar como es el desarrollo de una herramienta computacional para la enseñanza de la anatomía cerebral, utilizando herramientas virtuales de aprendizaje como propósito para facilitar la enseñanza de la temática a nivel académico en pregrado, incentivando el uso de herramientas tecnológicas en la educación dadas las necesidades actuales identificadas en el área de formación y en laboratorios de investigación, donde se realizan actividades para la formación de profesionales de la salud en la disciplina de estudio, mediante el uso de maquetas e imágenes; y en algunos casos, software. Lo anterior, puede limitar la profundización del conocimiento. Se busca facilitar a los estudiantes la descripción de la anatomía cerebral mediante herramientas de aprendizaje virtual con el propósito de brindar mejoras a la educación en pregrado respecto a esta temática. El proyecto se sustenta en cuatro etapas metodológicas iniciando con la definición de los requerimientos para el diseño de la herramienta recopilando los componentes académicos del área de la salud requeridos, de manera seguida se define y se selecciona la información de entrada, siendo la base el desarrollo de la herramienta. Finalmente, se realizaron las validaciones y se aplican fichas de evaluación para conocer la satisfacción del público objetivo respecto a las competencias adquiridas en el aprendizaje virtual en la enseñanza de la anatomía cerebral, obteniendo unas excelentes valoraciones de parte de los usuarios.

Palabras clave: Educación, Realidad Virtual (RV), herramientas virtuales de aprendizaje, TIC

Abstract

The present document seeks to achieve the development of a computational tool for teaching brain anatomy, using virtual learning tools as purpose to facilitate the learning process to college students, incentivizing the use of technological tools in education given the current needs identified in the training area and research laboratories, where activities are carried out for the training of health professionals in the discipline of study, where models and images are used and in some cases, a software, resulting in limitations of knowledge. Therefore, it is proposed to provide students with the description of brain anatomy through virtual learning tools with the purpose of providing improvements to undergraduate education regarding this topic. The project is based on four methodological stages starting with the definition of the requirements for the tool's design, collecting the required academic components, followed by the definition and selection of the input information, being the basis for the tool's development. Finally, the validations are carried out and evaluation tests are applied to know the satisfaction of the target audience with respect to the competences acquired in virtual learning in the teaching of cerebral anatomy. The results show that the software has an excellent rate of approbation by the teachers.

Keywords: Education, Virtual Reality (VR), Virtual Learning Tools, TIC

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	10
Introducción.....	12
1. Planteamiento del problema	13
2. Justificación.....	15
2.1. Aporte científico	16
2.2. Aporte Social	16
2.3. Aporte Económico	16
3. Objetivos	17
3.1. General	17
3.2. Específicos	17
4. Alcance.....	18
5. Aspectos metodológicos.....	19
6. Estado del arte.....	22
6.1 Análisis	23
6.2 Procedencia de los documentos y publicantes	23
6.3 Idioma de los artículos	25
6.4 Autores	26
6.5 Instituciones publicaciones	27
6.6 Auspicios.....	29

6.7 Palabras claves.....	30
7. Realidad Virtual.....	32
7.1 Definición de Realidad Virtual.....	32
7.2 Características de la Realidad Virtual.....	34
7.2.1 Inmersión	34
7.2.2 Percepción	34
7.3 Inicio de la Realidad Virtual	35
7.4 Educación y Realidad Virtual.....	40
7.5 Realidad Virtual y Realidad Aumentada	41
7.6 Hardware y Software	43
7.6.1 Hardware.....	43
7.6.1.1 Hardware de captura o entrada	43
7.6.1.2 Hardware de emisión o salida.....	44
7.6.2 Software	45
7.7 Factor humano	46
7.8 Estereopsis.....	46
8. Aprendizaje.....	47
8.1 ¿Qué es aprendizaje?	47
8.2 Teorías del aprendizaje	49
8.2.1 Teoría del aprendizaje comportamental.....	49
8.2.2 Teoría del aprendizaje cognitivo	49
8.2.3 Teoría del aprendizaje constructivista	50
8.2.4 Teoría del aprendizaje experiencial	50
8.2.5 Teoría del aprendizaje humanista.....	50
8.2.6 Teoría del aprendizaje socio-situacional.....	50
9. Tecnologías de la Informática y de las Telecomunicaciones	51

9.1 Historia del internet	51
9.2 Importancia y definición de TIC	52
9.3 Aportes de las TIC	53
9.4 Características de las TIC.....	54
9.4.1 Inmaterialidad.....	54
9.4.2 Interconexión.....	54
9.4.3 Interactividad.....	55
9.4.4 Instantaneidad.....	55
9.4.5 Calidad	55
9.4.6 Creación de lenguajes y códigos	55
9.4.7 Amplitud	55
9.4.8 Diversidad	56
9.5 TIC y la educación.....	56
10. Desarrollo de la herramienta computacional	58
10.1 Unity	58
10.2 Recopilación de datos	59
10.3 Elaboración del programa computarizado	61
11. Métodos y análisis.....	68
11.1 Recolección de la retroalimentación	68
11.2 Preguntas formuladas y resultados de la encuesta.....	68
11.3 Análisis de resultados y retroalimentación.....	79
Referencias	83
Anexos	101

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 : Relación metodológica entre objetivos y actividades.....	21
Tabla 2: Procedencia de las publicaciones	23
Tabla 3: Idioma del artículo	25
Tabla 4: Autores.....	27
Tabla 5: Instituciones	28
Tabla 6: Entidades auspiciantes	29
Tabla 7: Palabras claves	31
Tabla 8: Elementos de percepción en la Realidad Virtual	35
Tabla 9: Elementos físicos usados en la RV.....	46
Tabla 10: Aporte de las TIC	54
Tabla 11: Beneficios de las TIC.....	57
Tabla 12: Partes seleccionada para modelación de la anatomía cerebral a mostrar en el programa computarizado de realidad virtual	60

Figura

Figura 1: Etapas metodológicas	19
Figura 2: Elementos físicos usados en la RV.	45
Figura 3: Creación del proyecto.....	61
Figura 4. Interfaz de Unity.....	62
Figura 5. repositorio de modelos cerebrales en 3D, de la página web clara.io.....	63
Figura 6. Modelo 3D del cerebro humano en Unity.	64
Figura 7. Interfaz de Microsoft Visual Studio 2017, junto con el código de movimiento.....	65

Figura 8: En la parte superior se encuentra la pantalla de programación.....	66
Figura 9. Imagen del modelo cerebral en 3D, corriendo en la plataforma Unity, después de agregarle los scripts.....	67
Figura 10 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 1	69
Figura 11: Porcentaje de respuesta a la pregunta 2	70
Figura 12: Porcentaje de respuesta a la pregunta 3	71
Figura 13 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 4	72
Figura 14: Porcentaje de respuesta a la pregunta 5	72
Figura 15: Porcentaje de respuesta a la pregunta 6	74
Figura 16: Porcentaje de respuesta a la pregunta 7	75
Figura 17: Porcentaje de respuesta a la pregunta 8	76
Figura 18: Porcentaje de respuesta a la pregunta 9	77
Figura 19: Porcentaje de respuesta a la pregunta 10	78
Figura 20: Porcentaje de respuesta a la pregunta 11	78
Figura 21 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 12	79
Figura 22 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 13.....	79
Figura 23: Nivel de estudio de los encuestados	80

Introducción

Las TIC han ganado gran pulso en el mundo, sobre todo en el aspecto educativo. Y dentro de estas tecnologías, se encuentra la Realidad Virtual, herramienta que tiene amplio uso en el campo del entretenimiento y no tanto en el campo educativo. El concepto de realidad virtual ha tenido diferentes variaciones a lo largo de la historia. La primera persona en generar una noción acerca de este concepto fue Iván E. Sutherland, quien, en 1965, en su artículo “*The Ultimate Display*”, proponía la idea generar realidades a través de un dispositivo generalmente llamado “Display” o visualizador.

Las investigaciones actuales se enfocan en presentar beneficios integrando la realidad virtual para dar solución a problemas identificados en el área de la medicina, enseñanza, ingeniería, entre otros. Poder experimentar un lugar o algún objeto sin estar físicamente junto a él, es una gran ayuda, para todo instructor como lo señalan (Da Silva, Legey, & Mól, 2016; Didehbani, Allen, Kandalaft, Krawczyk, & Chapman, 2016; D. Liu, Sun, Li, Liu, & Chen, 2010; Makransky, Lilleholt, & Aaby, 2017; Miki et al., 2016; Parsons, 2016; Wu, Chen, Chang, & Lin, 2016).

El presente documento tiene como propósito describir las características del diseño de un programa computarizado en realidad virtual para la enseñanza de la anatomía cerebral a estudiantes de psicología en la Universidad de la Costa. Con este proyecto se busca incentivar el uso de la Realidad Virtual como una herramienta didáctica innovadora y flexible, que puede ayudar a los profesores de la Universidad de la Costa a profundizar los conocimientos de los estudiantes.

1. Planteamiento del problema

Estudios recientes han prestado atención a los posibles beneficios de la realidad virtual en la vida cotidiana. Poder experimentar un lugar o algún objeto sin estar físicamente junto a él, es una gran ayuda, para todo instructor (Da Silva, Legey, & Mól, 2016; Didehbani, Allen, Kandalaft, Krawczyk, & Chapman, 2016; D. Liu, Sun, Li, Liu, & Chen, 2010; Makransky, Lilleholt, & Aaby, 2017; Miki et al., 2016; Parsons, 2016; Wu, Chen, Chang, & Lin, 2016). A medida que avanza la tecnología se espera que las necesidades en el tema de realidad virtual continúen ampliándose.

En Estados Unidos, en el centro médico de la Universidad de Rush en Chicago, la realidad virtual reemplaza el uso de cerdos, para la práctica de cirugías (AP, 2016). En la actualidad si un estudiante de medicina o psicología desea profundizar su investigación asociada al cerebro, con la necesidad de manipular sus partes, debe de observar dibujos, explicaciones y videos, después de todo esto se le presenta un cerebro humano a fin de que pueda analizarlo limitando su manipulación y posiblemente restringiendo los elementos que lo conforman, lo cual limita las capacidades de aprendizaje en esta área del conocimiento.

En Colombia existe un proyecto con inversión extranjera para la combinación de la enseñanza usando realidad virtual para mostrar las piezas precolombinas, en el Museo del Oro en Santa fe de Bogotá, de esta forma es posible manipular y analizar de forma detenida las piezas precolombinas y exhibidas en el museo sin que estas sufran el menor riesgo de daño debido a su alto valor arqueológico (Figuerola et al., 2009). Aunque este piloto ha sido una evidencia de las ventajas de la realidad virtual en la enseñanza, aún falta mayor desarrollo a nivel académico que

permita definir estrategias para la enseñanza e implementarla en actividades académicas según la investigación realizada a la fecha.

La Realidad virtual es una excelente ayuda, que aún es un tema de investigación a fortalecer en Colombia. La falta de innovación en la educación para incrementar su calidad es una de las causas que ha llevado al país a tener un mal desempeño en pruebas internacionales, al igual que los vecinos latinoamericanos (Semana Educacion, 2016). Colombia debe ser pionera, no solo en la forma en generar el conocimiento, sino también en la forma en que este se transmite, para dejar su rezago educativo y tecnología. No es coincidencia que aquellos países, donde existen los niveles más altos de innovación, son aquellos que tienen los mejores indicadores de calidad de vida. Además, existen mediciones en las que podemos relacionar el bajo nivel de calidad de vida a una débil inversión en innovación (Cornell INSEAD WIPO, 2017).

La práctica de labores y actividades en realidad virtual es uno de los pasos que lleva al mejoramiento de los índices antes mencionados. En un estudio realizado por (Zhirnova & Absalyamova, 2013), se establece que uno de los pilares para incrementar los niveles de innovación es precisamente el de mejorar las prácticas de los estudiantes recién graduados, los cuales pueden ser facilitados con el diseño de una herramienta virtual para permitir el aprendizaje en los estudiantes del área de la salud en Colombia. Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta problema:

¿Cómo se diseña una herramienta de aprendizaje virtual para la enseñanza de la anatomía cerebral en estudiantes de pregrado del área de la salud teniendo en cuenta los aspectos que se deben tener en cuenta las técnicas de educación virtual?

2. Justificación

La realidad virtual como herramienta de aprendizaje puede ser un referente para la formación de profesionales que requieran trabajos en zonas peligrosas, de difícil acceso o de alto riesgo tales como la medicina, arqueología, energía nuclear, aviación, minería, exploración costa afuera, entre otros, donde las capacidades y la inversión se dificulta debido a los altos costos que implican estos escenarios demostrativos. La realidad virtual como herramienta de aprendizaje ha tenido sus frutos en la exploración marina y costa afuera para la explotación petrolera como es el caso de éxito de las instituciones británicas para la formación de personal capacitado en los temas de crudo y sus derivados, así como el gas. No obstante para el caso del proyecto de investigación se destacan las ventajas que se tendrían en las áreas de la salud dadas las restricciones y dificultades de experimentar con humanos las prácticas médicas, por lo que la realidad virtual permitiría una excelente estrategia para lograr la capacitación y formación del personal en las áreas de la salud, trayendo consigo escenarios y casos de estudios que puedan ser referente para replicar el conocimiento en los estudiantes de pregrado relacionados con las áreas médicas. Por lo tanto, el proyecto planteado tendría su contribución desde las TIC en proveer un referente de formación en las ciencias médicas relacionadas con el cerebro para permitir afianzar los conocimientos del área médica en los estudiantes de medicina y psicología. Siendo de esta manera la realidad virtual un instrumento que permitirá generar nuevo conocimiento y herramientas para la capacitación y formación de profesionales.

Si bien la utilización de la realidad virtual no ha sido todavía implementada en casi todos los centros de enseñanza, esta tiene un gran futuro por delante, tanto en el aspecto

educativo, como en el económico y científico. Es una tecnología que se va a beneficiar de los avances en la ciencias y tecnologías de la información. A continuación, se destacan los aportes al conocimiento científico al igual que las contribuciones desde lo social y lo económico que representa el desarrollo de este trabajo de investigación de maestría.

2.1. Aporte científico

Se abriría un nuevo campo de desarrollo e investigación, de la cual la Universidad de la Costa, podría ser pionera, no solo en el ámbito nacional, sino también internacional, al aplicar múltiples métodos innovadores en la educación, e investigar impactos sociales y económicos que aún no se han cuantificado. Se abrirían nuevas posibilidades de estudios para grupos interdisciplinarios con la realidad virtual.

2.2. Aporte Social

Se busca promover el uso de las herramientas tecnológicas en el proceso educativo, así como incrementar la adquisición del conocimiento a largo plazo por parte de los estudiantes.

2.3. Aporte Económico

Se planea tener a mediano plazo, una herramienta que además de agilizar el proceso educativo, también genere ahorros, de materiales didácticos y que abra las puertas a posibles patentes de nuevo software de enseñanza en múltiples campos. Se ahorraría costos al acelerar el proceso educativo de los profesionales y también al evitar traslados de profesionales a lugares lejanos o con material delicado.

3. Objetivos

3.1. General

Diseñar un programa computarizado en realidad virtual para la enseñanza de la anatomía cerebral a estudiantes de psicología en la Universidad de la Costa.

3.2. Específicos

Seleccionar la información para el desarrollo de la herramienta virtual y la captura de requisitos enfocada a enseñanza en anatomía cerebral.

Establecer el diseño conceptual de la herramienta computacional definiendo parámetros de entrada y diagrama de bloques.

Diseñar la herramienta de aprendizaje virtual para la enseñanza de la anatomía cerebral en los estudiantes.

Evaluar la herramienta en ambientes de aprendizaje con profesionales del área de ciencias de la salud.

4. Alcance

La presente investigación considera el desarrollo de un programa computarizado en un ambiente virtual, a fin de propiciar una mejor retención del conocimiento a estudiantes de psicología de la Universidad de la Costa.

Además, se espera que este sea el primer paso para introducir la realidad virtual, como una herramienta de enseñanza en la institución, y que esta logre no solo evolucionar para satisfacer las cada vez más exigentes necesidades de los estudiantes de la carrera de psicología, sino que también logre extenderse a otras carreras, donde la aplicación de una herramienta tan versátil logre marcar una diferencia en diferentes tipos de estudiantes.

Para el proceso de validación, se estableció una revisión del prototipo final del software por parte de profesionales de salud y enseñanza afines a la institución, a fin de establecer que tanta participación puede tener esta herramienta en el proceso educativo de la institución.

5. Aspectos metodológicos

Para este proyecto, se utilizará el **Modelo de Desarrollo de Prototipo**. Este tipo de desarrollo es corto económico y además tiene la participación directa del usuario final en cada etapa del proyecto, para verificar que el producto se amolda a sus necesidades.

El primer paso es la recolección de información, donde el desarrollador se encuentra con el cliente para obtener información detallada de sus necesidades y una vez obtenidas, reúne diferentes fuentes bibliográficas como base para empezar su proyecto.

El segundo paso es la construcción de un software básico pero funcional, el cual pueda ser mostrado al cliente y este pueda retroalimentar al creador sobre el avance y la funcionalidad hasta el momento. Una vez obtenida esta información el desarrollador se encarga de aplicar los cambios requeridos. Este ciclo se vuelve a repetir hasta avanzar al desarrollo final (Centers for Medicare and Medicaid Services, 2008).

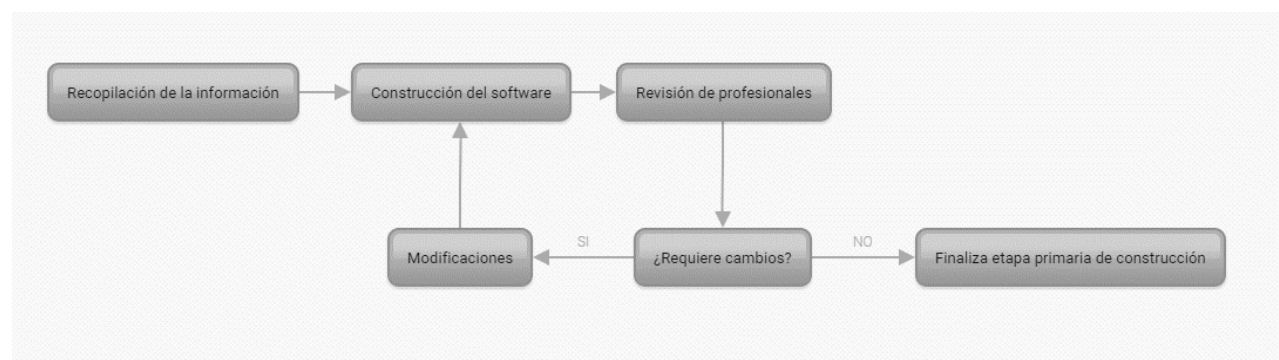


Figura 1: Etapas metodológicas Fuente: Elaboración propia

El proyecto se divide en 5 etapas para su desarrollo:

- La primera etapa es la recolección de información, en la que se hace la recopilación de los requisitos solicitados por el personal experto para el que va dirigido el proyecto. También recopila la literatura sobre casos similares y sus soluciones.
- La segunda etapa consiste en la fase de inepción en la cual se plantea el problema y sus posibles soluciones. Una vez realizado esto se plantea como se encuentra las técnicas con respecto al software y sus posibles usos aparte de los ya requeridos.
- La tercera etapa es la fase de construcción, en la cual se empieza el desarrollo e inicio del desarrollo del software. Mientras se hace eso, se lleva un proceso de retroalimentación con el personal al que va dirigido el software y así ir corrigiendo detalles y mejorar el producto.
- La cuarta etapa es la puesta a punto del software, en la cual este será probado en campo con un grupo de prueba definido anteriormente. Una vez hechas estas pruebas se harán los correctivos necesarios y se mostrará un prototipo final previo al producto final.
- La quinta etapa es la presentación del documento final donde se muestra la etapa alfa del producto, además de una documentación básica y la creación de un artículo científico.

Tabla 1 :

Relación metodológica entre objetivos y actividades.

FASE	ETAPA	ACTIVIDAD
1	1.1	Revisión y recopilación de literatura
	1.2	Captura de Requisitos
2	2.1	Planteamiento del Problema
	2.2	Revisión del estado de la Técnica
	2.3	Enumeración de casos de usos y Funcionalidad
3	3.1	Diseño del Software
	3.2	Corrección y Actualización del Software en base a requerimientos
	3.3	Implementación de prueba y compilación
4	4.1	Prueba de Campo (Entorno real de operaciones)
	4.2	Corrección de los Puntos de Ajustes
	4.3	Evaluar desempeño del diseño
5	5.1	Consolidación de la documentación del proyecto
	5.2	Entrega del Software Versión Alfa

Nota: se describe cada una de las actividades correspondientes a los objetivos establecidos para la elaboración del proyecto de investigación. *Fuente:* *Elaboración propia*

6. Marco Referencial

Se analizaron los motores de búsqueda especializados a fin de determinar cuál o cuáles podrían brindar una línea de resultados acorde con lo que se desea. Se determinó que, por incluir contenidos de otros motores de búsqueda, como IEEE y ScienceDirect, se empleará el buscador digital Web of Science.

Una vez determinadas las palabras claves y las bases de datos especializadas a usar, se procedió a la búsqueda de la información. Se dio preferencia a aquellos artículos que estuvieran relacionados con el tema y que cumplieran con tuvieran las palabras claves. Si bien se dio preferencia a la palabra clave “*Virtual Reality*”, se observaron y se tuvieron en cuenta aquellos artículos que tuvieran en su haber la palabra clave “*Virtual Enviroment*” ya que estas podrían brindar información suficiente e importante.

Esta se llevó a cabo en noviembre de 2018 y se obtuvieron 1.688 resultados en el compendio científico en línea Web Of Science utilizando la cadena de búsqueda en inglés. Se procedieron a elegir artículos que hubieran sido publicados en el periodo enero 2017 – noviembre 2018, es decir, un periodo de 23 meses. Esto con el fin de recopilar los artículos más recientes sobre temas similares en los aquí abarcados. Esto arrojó como resultado 279 documentos científicos elegibles que fueron sido publicados en 2017 y 258 documentos científicos publicados en los 11 primeros meses de 2018, lo que da un total de 537 elementos utilizables.

6.1 Análisis

En el análisis muestra el enfoque que ha tenido la Realidad Virtual, que muestra claramente como el campo de la medicina ha estado aprovechando las ventajas educativas que brindan los ambientes virtuales (Dávideková, Mjartan, & Greguš, 2017; Guedes et al., 2019). Esto es comprensible, debido a que muchas áreas de las ciencias médicas exigen prácticas en escenarios que pueden ser peligrosos, la mayoría de las veces para un paciente, y otras para el mismo instruido. Con la Realidad Virtual, estas prácticas pueden simularse y así preservar la vida del pacientes y ayudar a los estudiantes a prepararse mejor (Guedes et al., 2019; Papanikolaou et al., 2019), así como simularse escenarios específicos que normalmente se verían en muy pocas ocasiones.

6.2 Procedencia de los documentos y publicaciones

Para el análisis de la procedencia de los artículos, se decidió estudiar el origen de cada artículo, así como la nacionalidad de cada autor y si es un artículo desarrollado por más de una nación (es decir, documentos científicos como resultado del trabajo de autores o instituciones de diferentes).

Tabla 2:

Procedencia de las publicaciones

País	Numero de Publicaciones	Porcentaje
Estados Unidos	144	26.81 %
Reino Unido	62	11.54 %
China	50	9.31 %

País	Numero de Publicaciones	Porcentaje
Canadá	46	8.56 %
Australia	40	7.44 %
Alemania	30	5.58 %
España	27	5.02 %
Francia	20	3.72 %
Italia	19	3.53 %
Brasil	18	3.35 %
Otros	81	15.08 %

Fuente: Elaboración propia

El análisis da cuenta, sobre la mención de 62 naciones del mundo en el periodo antes mencionado. Estados Unidos se encuentra a la cabeza de la producción científica sobre RV enfocada o con usos educativo con 144 documentos (26.81%). En segundo lugar, se encuentra Reino Unido con 62 (11.54%) documentos, seguido de China con 50 (9.31%), Canadá con 46 (8.56%), Australia con 40 (7.44%), Alemania con 30 (5.58%), España con 27 (5.02%), Francia con 20 (3.72%), Italia con 19 (3.53%) y Brasil con 18 (3.35%). Este listado corresponde a los primeros 10 países con mayor producción en el tema ya mencionado. Estos diez países tienen en su total 456 documentos publicados lo que representa 84.91%, mientras que los 52 países restantes comprenden las 81 publicaciones restantes, o el 15.08%. El análisis está disponible en la Tabla 2:

Procedencia de las *publicaciones*

Se encontró que los documentos obtenidos, fueron publicados en 334 revistas en total. La revista con más publicaciones acerca del tema de la educación asociado a la RV fue la revista SURGICAL ENDOSCOPY AND OTHER INTERVENTIONAL TECHNIQUES, revista del campo de las ciencias de la salud, con 21 artículos publicados (3.91%). En segundo lugar, se encuentra la publicación JOURNAL OF SURGICAL EDUCATION, otra revista enfocada a las ciencias de la salud, con 15 publicaciones (2.79%). En tercer lugar, se encuentra la publicación COMPUTERS & EDUCATION con 11 publicaciones hechas (2.04). En cuarta posición se encuentra la publicación EURASIA JOURNAL OF MATHEMATICS SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION con 8 publicaciones (1.48%) y en quinta posición, la publicación AGRO FOOD INDUSTRY HI-TECH con 7 documentos científicos publicados (1.30%).

6.3 Idioma de los artículos

Se encuentra que, de las 537 publicaciones recolectadas, 510 son publicaciones en idioma inglés (94.97% %), mientras que hay 9 publicación en español (1.67%), 7 publicación en portugués (1.30%), 4 publicaciones en alemán (0.74%), 2 publicaciones en húngaro (0.37%), 2 publicaciones en ruso (0.37%), 2 publicaciones en chino (0.37%) y como último, 1 publicación en francés (0.18%). La Tabla 3:

Idioma del *artículo*, contiene más información al respecto.

Tabla 3:

Idioma del artículo

Idioma	Número de Publicaciones	Porcentaje
Inglés	510	94.97 %
Español	9	1.67 %
Portugués	7	1.30 %
Alemán	4	0.74 %
Húngaro	2	0.37 %
Ruso	2	0.37 %
Chino	2	0.37 %
Francés	1	0.18 %

Fuente: Elaboración propia

Además, de las 537 publicaciones, 431 corresponde a *articles* (artículos) o en porcentaje al 83.98%, 68 corresponden a *reviews* (revisiones) o en porcentaje al 12.66%, 21 corresponden a *proceedings papers* (procedimientos) o en porcentaje al 3.91%, 7 a *editorial reviews* (editoriales) o en porcentaje al 1.30%, 7 a *meeting abstracts* (resúmenes de reuniones) o en porcentaje al 1.30%, 2 corresponden a *early access papers* (artículos de acceso anticipado) o en porcentaje al 0.37% y finalmente 1 *letter* (carta) o en porcentaje al 0.18%.

6.4 Autores

En la base de datos de los documentos elegidos para su análisis, existen 2197 autores mencionados, lo cual es normal al haber generalmente múltiples autores por cada artículo. La lista de los primeros diez autores está encabezada por Konge, L. con 10 autorías, seguida por Kowalewski, KF. con 9 autorías, Muller-Stich, BP. con 9 autorías, Nickel, F. con 9 autorías, y

Ahmed, K. con 6 autorías. Estos son los autores con más de 5 autorías, y la información con los primeros diez puestos se pueden encontrar en la Tabla 4:

Autores.

Tabla 4:

Autores

Autor	Numero de Menciones
<i>Konge L</i>	10
<i>Kowalewski KF</i>	9
<i>Muller-Stich BP</i>	9
<i>Nickel F</i>	9
<i>Ahmed K</i>	6
<i>Friedrich M</i>	5
<i>Kenngott HG</i>	5
<i>Schmidt MW</i>	5
<i>Bjerrum F</i>	4
<i>Dasgupta P</i>	4

Fuente: Elaboración propia

6.5 Instituciones y publicaciones

Sobre las instituciones, se encontraron 846 instituciones en donde se publicaron los artículos recopilados. El número de instituciones que publicaron es mayor al número total de

artículos (537) debido a que, en varios documentos, hubo participación de dos o más instituciones. La Universidad de Toronto se encuentra a la cabeza de instituciones con más participación en la muestra tomada, al tener participación en 13 documentos científicos. En segundo lugar, se encuentra Rigshosp con 10 participaciones, seguido de Universidad de Washington con 10 participaciones, la Universidad de Heidelberg con 9 participaciones y en quinto lugar Kings College con 9 participaciones. En la Tabla 5:

Instituciones se presentan las diez primeras instituciones con mayor número de participaciones.

Tabla 5:

Instituciones

Institución	Numero de Menciones
<i>Universidad de Toronto</i>	13
<i>Rigshop</i>	10
<i>Universidad de Washington</i>	10
<i>Universidad Heidelberg</i>	9
<i>King´s College de Londres</i>	9
<i>Universidad de Copenhagen</i>	9
<i>Escuela Medica de Harvard</i>	7
<i>Universidad de Melbourne</i>	6
<i>Universidad de Pittsburgh</i>	6
<i>Universidad de Sydney</i>	6

Fuente: Elaboración propia

6.6 Auspicios

Se encontró en el análisis de los documentos científicos que hubo una gran participación de empresas o instituciones, de hecho, hay registradas 437 entidades a las cuales se les atribuye participación o ayuda al momento de elaborar la documentación científica recopilada, entidades tanto públicas como privadas. La entidad más nombrada como fuente de auspicio fue NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA, instituto chino dedicado a promover y financiar investigaciones, con alrededor de 7 menciones. En segundo lugar, se encuentra NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, agencia gubernamental estadounidense dedicada a promover las investigaciones con 4 menciones. En tercer lugar, se encuentra EUROPEAN SOCIAL FUND OF THE STATE BADEN WUERTTEMBERG, un fondo alemán dedicado a promover e integrar investigadores, con 3 menciones. Después se encuentra la organización alemana GERMAN RESEARCH FOUNDATION DFG, considerada la más grande de Europa, con 3 menciones y en quinto lugar NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, universidad malaya con 3 menciones. La tabla a continuación muestra las diez primeras entidades con más menciones

Tabla 6:

Entidades auspiciantes

Entidad	Número de Menciones
<i>NATIONAL NATURAL SCIENCE</i>	<i>7</i>
<i>FOUNDATION OF CHINA</i>	

Entidad	Número de Menciones
<i>NATIONAL SCIENCE FOUNDATION</i>	4
<i>EUROPEAN SOCIAL FUND OF THE</i>	3
<i>STATE BADEN WUERTTEMBERG</i>	
<i>GERMAN RESEARCH FOUNDATION</i>	3
<i>DFG</i>	
<i>NANYANG TECHNOLOGICAL</i>	3
<i>UNIVERSITY</i>	
<i>NASA</i>	2
<i>UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA</i>	3
<i>VATTIKUTI FOUNDATION</i>	3
<i>AGENCY FOR HEALTHCARE</i>	2
<i>RESEARCH AND QUALITY</i>	
<i>BOND UNIVERSITY</i>	2

Fuente: Elaboración propia

6.7 Palabras claves

Se hallaron 1548 palabras claves en toda la base de datos. Estas pueden ser de palabras compuestas, como el caso de “Virtual Reality”, o por palabras simples, como “Virtual” o “Reality”. En este orden de ideas, la palabra más mencionada fue VIRTUAL con 239 veces (15.43%), seguida de REALITY con 218 veces (14.08%). Esto se encuentra alineado con los parámetros establecidos en el algoritmo de búsqueda. En tercer lugar, se encuentra la palabra

TRAINING con 111 menciones (7.17%) y delante de la palabra *EDUCATION* con 108 veces (6.97%). La palabra clave *SIMULATION* completa las primeras cinco posiciones siendo nombrada 97 veces (6.26%). La Tabla 7:

Palabras claves muestra las primeras diez posiciones.

Tabla 7:

Palabras claves

Palabra Clave	Numero de Menciones	Porcentaje
<i>Virtual</i>	239	15.43 %
<i>Reality</i>	218	14.08 %
<i>Training</i>	111	7.17 %
<i>Education</i>	108	6.97 %
<i>Simulation</i>	97	6.26 %
<i>Based</i>	85	5.49 %
<i>Learning</i>	65	4.19 %
<i>Using</i>	46	2.97 %
<i>Review</i>	45	2.90 %
<i>Surgical</i>	43	2.77 %

Fuente: Elaboración propia

7. Realidad Virtual

7.1 Definición de Realidad Virtual

El concepto de realidad virtual ha tenido diferentes variaciones a lo largo de la historia. La primera persona en generar una noción acerca de este concepto fue Iván E. Sutherland, quien, en 1965, en su artículo *“The Ultimate Display”*, proponía la idea generar realidades a través de un dispositivo generalmente llamado “Display” o visualizador, mas no tenía una definición explícita para esto:

“El visualizador sería, por supuesto, una habitación dentro de la cual una computadora pueda controlar la existencia de materia. Una silla mostrada en tal habitación sería lo suficiente buena para poder sentarse. Esposas mostradas en esa habitación confinarían, y a una bala mostrada en la mencionada habitación sería fatal. Con la programación apropiada tal monitor podría ser literalmente el país de las maravillas el cual Alicia camino.” (Sutherland, 1965)

Myron. W. Krueger se le considera la mente principal detrás de VIDEOPLACE, un sistema en 2D que detectaba a un usuario para luego generar una respuesta en base a sus acciones. (J.-H. K. J.-H. Kim et al., 2013) El introdujo nuevos conceptos, como el de Realidad Artificial, y en sus palabras “...la Realidad Artificial no es un ambiente de software tradicional. Es una simulación en tiempo real.” (Myron, 1992). En 1992 Fuchs & Bishop ofrecieron una definición más completa sobre Realidad Virtual, agregando términos más complejos como inmersión y modelos tridimensionales:

“Gráficos interactivos en tiempo real con modelos tridimensionales, que cuando son combinados con tecnologías de visualización que brindan al usuario inmersión al mundo modelado y manipulación directa, llamamos a eso Ambiente Virtual.” (Fuchs et al., 1992)

Además, se unificaron términos que utilizaron diferentes investigadores:

“Tales investigaciones han avanzado bajo diferentes nombres: Realidad Virtual, experiencia sintética...etc. Preferimos Ambientes Virtuales por la exactitud de la descripción y verdad en la divulgación” (Fuchs et al., 1992)

EN 1993, Gigante ofrece otra definición en la cual establece la Realidad Virtual como “la ilusión de participar en un ambiente sintético, más que la observación externa de tal ambiente” (Cipresso, Giglioli, Raya, & Riva, 2018). También comenta, sobre como la Realidad Virtual hace uso de un dispositivo montado en la cabeza para poder acceder a este ambiente, así como dispositivos para rastrear los movimientos del usuario. (Cipresso et al., 2018). Carolina Cruz-Neira, en su documento de 1993 titulado “*Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE*”, brindan una definición de la Realidad Virtual enfocada más en el dominio visual:

“...un sistema de Realidad Virtual es aquel que provee una perspectiva en tiempo real, centrada en el espectador con una perspectiva de seguimiento de la cabeza, con un gran ángulo de visión, controles interactivos y visualización binocular.” (Cruz-neira, Sandin, & Defanti, 1993).

7.2 Características de la Realidad Virtual

Al leer las definiciones de la Realidad Virtual, se pueden resaltar 3 puntos principales: Inmersión, Percepción del ambiente y Capacidad de interacción con el ambiente (Bailenson, Yee, Merget, & Schroeder, 2006; Biocca, 2006; Cipresso et al., 2018; Sundar, Xu, & Bellur, 2010).

7.2.1 Inmersión

La inmersión es la capacidad de un sistema de estimular los sentidos a fin de hacer más creíble un ambiente virtual y que este simule en mayor grado a la realidad (Slater, Usoh, & Steed, 2015). Dicho de manera directa, entre más sentidos pueda estimular un sistema mayor va a ser la inmersión de los usuarios en este. Existen diferentes tipos grados de inmersión los cuales son proporcionales a la inversión requerida para incrementar la capacidad de interactuar con los sentidos.

7.2.2 Percepción

La percepción es la forma en que nuestro cerebro interpreta las cosas, como el mundo exterior, mediante las capturas realizadas por nuestros sentidos. En la Realidad Virtual, se usan diferentes herramientas a fin de simular lo fiel posible un escenario o ambiente, según lo desee el programador. Entre más avanzadas las herramientas, se puede afianzar más la percepción del usuario (Witmer & Sadowski, 2007). En la Tabla 8: Elementos de percepción se muestran todos los elementos que ayudan a la mejorar la percepción en un ambiente virtual.

Tabla 8:

Elementos de percepción en la Realidad Virtual

Elemento	Descripción
Visión	Es el componente más importante en el proceso de creación de situaciones en Realidad Virtual, debido a sus características dominantes en los sentidos humanos.
Audición	Elemento crítico, debido a su complemento con la visión. El sonido espacial y la generación en tiempo real de sonido son los componentes más determinantes.
Háptica	Este sistema se refiere a capacidad táctil y la kinésica relacionada con las acciones motoras. Este es el único elemento capaz de realizar una acción en el mundo virtual.
Mareo por movimiento en ambientes virtuales	La susceptibilidad al mareo por movimiento en ambiente virtuales varía según el usuario. Esta molestia persiste hasta que ocurre un cambio de escenario o situación.
Ambientes virtuales para el estudio de la percepción	La Realidad Virtual es un gran puente para los estudios sobre la percepción y sobre actividades motoras.
Evaluación de ambientes virtuales	Ambiente Virtuales pueden ser analizados mediante su efecto en usuarios. Y debido a la naturaleza de esta tecnología, se deben implementar técnicas evaluativas que pueden no ser aplicables a otros contextos

Fuente: (Fuchs et al., 1992)

7.3 Inicio de la Realidad Virtual

El primer sistema computarizado usado para realizar una simulación fue la computadora

Whirlwind (Everett & Jacobs, 1965; Everett & Swain, 1947), un trabajo conjunto entre el MIT y

la fuerza aérea de los Estados Unidos que se inició en 1945 y se prolongó hasta 1959 (Archives Center, National Museum of American History, 2010), con el fin de simular las rutas aeronaves.

Se puede atribuir a Morton Heilig el desarrollo de los primeros dispositivos simuladores multisensoriales, llamados *Sensoramas*, los cuales eran cabinas con películas pregrabadas, las cuales iban acompañadas de elementos que incrementaban la experiencia del espectador, como aromas y vibraciones (J.-H. K. J.-H. Kim et al., 2013).

En 1961, fue desarrollado por la corporación PHILCO un dispositivo montado en la cabeza o HMD llamado “HEADSIGHT”, el cual podía seguir los movimientos de la cabeza de un usuario, además de usar unas pantallas pequeñas para cada ojo, y estaba conectado a un circuito cerrado de televisión (Greenwald et al., 2017). Sin embargo, fue Iván E. Sutherland el que propuso el concepto un mundo virtual computarizado que pudiera simular todas las características del mundo real y que pudiera ser interactivo para el usuario; “*The Ultimate Display*”. En 1968 desarrollo un dispositivo ubicado en la cabeza de un espectador, con el cual podía ver imágenes. A este dispositivo se le llamaría “*The Sword of Damocles*” y se podía acoplar a los movimientos que realizaba quien lo usara, para así mantener la inmersión (Greenwald et al., 2017; Sutherland, 1968).

El siguiente avance se produjo de la mano de la Universidad de Carolina del Norte, la cual empezó a desarrollar en 1967 un sistema que pudiera recibir retroalimentación, el cual se llamó PROYECT GROPE, y consista en una interface o pantalla que mostraba cambios al recibir una manipulación de un usuario mediante un JOYSTICK (Brooks, Ouh-Young, Batter, & Kilpatrick, 1990).

Myron Krueger creo en 1975, un sistema que reflejaba las siluetas de los usuarios, que eran capturadas mediante cámaras, para luego ser reflejadas mediante un proyector en una pantalla como una imagen 2D. Este sistema conocido como VIDEOPLACE también permitía la interacción de las imágenes reflejadas por la interface, así como la interacción con objetos virtuales (Machover & Tice, 1994; Myron, 1992).

En 1977, Dean F. Kocian, ingeniero del laboratorio de investigaciones médicas Amstrong de la fuerza aérea norteamericana, presento un modelo de dispositivo vestibular para la cabeza de un usuario llamado VCASS. Este se fabricó en 1982, ayudando al entrenamiento de los pilotos, a ver objetivos y optimizar sus rutas de vuelo, mediante un sistema muy similar a lo que se conoce el día de hoy como Realidad Aumentada (KOCIAN, 1977). A finales de la década de 1980, la base aérea estadounidense WRIGHT – PATTERSON siguió el mismo patrón que había iniciado Kocia, y empezó a entrenar a sus pilotos usando la RV, bajo el proyecto denominado “*SUPER COCKPIT*” (Greenwald et al., 2017).

En 1984, el Centro de investigaciones AMES de la NASA, observo el potencial de la RV e imagino múltiples beneficios como el poder experimentar los planetas y sus características mediante el uso de la RV. Diseño un dispositivo montado en la cabeza o HMD junto con una silla especial para incrementar el nivel de inmersión del usuario (McGreevy, 1991). Además, Centro Espacial JOHNSON de la NASA también empezó a entrenar a sus astronautas usando la RV a finales de la década de 1980 (Greenwald et al., 2017).

El avance en RV continuo, y así, en 1985, la compañía VPL Research, fundada por antiguos empleados de ATARI, entre ellos Jason Lanier, a quien se le atribuye el término “Realidad Virtual”, fabrico y puso a la venta los primeros dispositivos de RV disponibles comercialmente como el Dataglove y Eyephone HMD. Sin embargo estos dispositivos no consiguieron las ventas

suficientes por lo que la compañía se declaró en quiebra en 1990 (Machover & Tice, 1994). Pronto le siguió la compañía Fake Space Labs, que en 1989 empezó a comercializar un dispositivo llamado BOOM (Binocular Omni-Oriented Monitor), el cual consistía de un dispositivo parecido a unos binoculares con pantallas CRT para cada ojo, unidos a soporte mecánico, el cual un usuario podía manipular de forma simple (Bolas, 1994). El Centro AMES de la NASA usó dos de los dispositivos antes mencionados, específicamente BOOM y VPL Dataglove a fin de realizar una simulación en RV de un túnel de viento. Los resultados demostraban algunos aspectos a mejorar desde la parte técnica del hardware, pero vaticinaba los el potencial que tenía las aplicaciones en RV para los científicos e ingenieros (Bryson & Levit, 1991).

Mientras tanto la Universidad de Carolina del Norte, inició el llamado “*Walktought Project*” en 1986, el cual pretendía hacer que un espectador experimentara la arquitectura de ciertas edificaciones en RV. El proyecto tardó 6 años y demostró resultados prometedores, además de un análisis de las limitaciones técnicas de la fecha (Brooks Jr et al., 1992).

En 1992, sale a la luz el ambiente virtual automatizado CAVE. Tiene su nombre en alegoría al escrito de Platón, “La Cueva”, y consiste en un cuarto cerrado parecido a un cubo, el cual posee entre 3 y 6 proyectores, cada uno de estos ubicado detrás de una pared. Un usuario se ubica en la mitad del cuarto usando unas gafas de LCD (no confundir con HMD) para poder experimentar lo que ofrece CAVE (Cruz-Neira, Sandin, DeFanti, Kenyon, & Hart, 1992; J.-H. K. J.-H. Kim et al., 2013).

No tardó mucho en surgir un concepto derivado de la RV y es la conocida Realidad Aumentada o RA. Se presentó en 1993 (Aunque ya se habían dado casos de usos básicos como se mencionó antes) y consiste en una tecnología diseñada para ayudar, mediante la superposición

de objetivos virtuales tridimensionales en el mundo real, a acrecentar el campo de visión de un usuario, sin reemplazarlo, como ocurre con la RV. Esto se logra a través de diferentes tipos de dispositivos como gafas y HMD's (Feiner, Macintyre, & Seligmann, 1993; Prendes Espinosa, 2014).

Se resalta que la industria de videojuegos tiene un aporte al avance y masificación de los dispositivos de RV. La compañía SEGA empezó en 1991 el desarrollo de unos HMD para su negocio de consolas caseras (SEGA VR Headset) y para arcades o máquinas recreativas. Se esperaba que vieran la luz en 1993, sin embargo, SEGA canceló el proyecto.

La compañía que logró lanzar una consola que basada en RV, fue NINTENDO en 1995 denominado el Virtual Boy. Esta consola constaba de un dispositivo parecido a un HMD, pero apoyado sobre un soporte, que a la vez se unía a un control. La consola no duro mucho tiempo, debido a que, por sus bajas ventas, fue considerada un fracaso. Sin embargo, la compañía nipona volvió a lanzar basada en efectos estereoscópicos en 3D, la conocida consola portátil NINTENDO 3DS, con la ventaja que no requería gafas para estos efectos y además contaba con funciones de RA.

Desde 2009, Palmer Luckey fue trabajando en el desarrollo de un dispositivo para RV que tuviera mejores capacidades técnicas y mejores precios, dando como resultado el desarrollo y posterior lanzamiento de OCCULUS RIFT. Es correcto decir entonces, que desde este punto se inició la carrera de masificación de los dispositivos de RV, a la que también se unieron el conglomerado japonés SONY al lanzar PlayStation VR en 2014, la compañía taiwanesa HTC con HTC VIVE en 2015 y múltiples otros dispositivos.

7.4 Educación y Realidad Virtual

Se puede considerar que el primer uso didáctico de una realidad computarizada surgió en 1982. El laboratorio de investigaciones de la fuerza aérea estadounidense, de la mano de Thomas Furness, desarrolló un dispositivo colocado en la cabeza de un usuario (HMD) para simular rutas óptimas de vuelo (KOCIAN, 1977) y así entrenar, tanto a pilotos novatos como a veteranos a mejorar sus conocimientos. En esa misma década, más específicamente 1986, la Universidad de Carolina del Norte, empezó el desarrollo de una guía o “caminata” arquitectónica en realidad virtual, para que los estudiantes pudieran apreciar mejor los diseños arquitectónicos de determinados lugares (Brooks Jr et al., 1992).

Se ha encontrado que los estudiantes mejoran su aprendizaje cuando les son variadas las técnicas de enseñanza. La realidad virtual ha probado ser un nuevo y mejorado método educativo, el cual ha beneficiado tanto a docentes como aprendices. Un ejemplo de esto es su uso para enseñar sobre elementos peligroso a estudiantes de ingeniería, sin necesidad de ser expuestos a estos, solo en una forma simulada. Y gracias a esto los estudiantes han mejorado sus resultados a nivel académico (Bell, Fogler, & Arbor, 1995).

Existen aplicaciones en algunos países de la puesta en marcha de proyectos en los cuales se les educa a los estudiantes mediante la aplicación de la realidad virtual, haciendo uso de práctica de varios procedimientos médicos invasivos dentro de los cuales se destacan la medicina y su área de énfasis de la cirugía. Se han realizados simulaciones, donde los estudiantes de medicinas y especialidades médicas han practicado procedimientos sencillos, como laparoscopias, hasta cirugías a neonatos haciendo uso de la realidad virtual.

Adicionalmente, se ha demostrado que la práctica constante incrementa el cuidado y la recuperación del paciente (Seymour et al., 2002); además es una herramienta flexible que

permite simular diversos escenarios. Puede usarse entre muchas cosas, para simular cirugías acompañadas de instrumentos robóticos (Kalavakonda, Chandra, & Thondiyath, 2015), ayudando inclusive a mejorar la educación de pacientes que sufren algún tipo de discapacidad, en escenarios que antes hubiera sido impensados para ellos (Sobota, Kore??ko, Pastornick??, & Jacho, 2016).

La educación en un ambiente virtual permite la practica repetida de diferentes escenarios, que al estar supervisadas por el personal adecuado, permite la retroalimentación de la información, o de las practicas realizadas por alumnos, y esto realizado en lugares seguros (Da Silva et al., 2016; Marins, Mol, Paula, Siqueira, & Mol, 2015).

Si bien el principal punto que los investigadores educativos tratan de aplicar en la Realidad Virtual, es la parte visual (Fuchs et al., 1992; Sanchez-Vives & Slater, 2005), al agregarse elementos que permiten la manipulación de diferentes objetos en un ambiente virtual, se ha demostrado que incrementa la capacidad de retención y adquisición de conocimiento por parte del usuario, agregando aún más a las facilidades de enseñanza que ofrece la Realidad Virtual (Jang et al., 2017). Existe la posibilidad de incrementar la inmersión de un estudiante, si también se agregaran dispositivos electrónicos que puedan manipular los otros sentidos humanos, pero el rol de estos aún es muy básico, y no tan relevante como el desarrollo de ambientes virtuales enfocados en la vista y el oído de un estudiante (J.-H. K. J.-H. Kim et al., 2013).

7.5 Realidad Virtual y Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada ha ido evolucionando junto a la Realidad Virtual y en largo de la historia se han presentado casos de usos, sin embargo, el concepto propio nació en 1993 y es presentada como una tecnología , usada para aumentar o enriquecer el mundo real, a diferencia

de la Realidad Virtual que la reemplaza (Feiner et al., 1993; Prendes Espinosa, 2014). Feiner escribió en 1993:

“Hay muchas situaciones, sin embargo, en que nos gustaría interactuar con el mundo real que nos rodea. Una Realidad Aumentada puede hacer esto posible, presentando un mundo virtual que enriquece, en vez de reemplazar el mundo real. En vez de bloquear el mundo real, este enfoque anota la realidad para brindar información importante, como la descripción de características especiales o instrucciones para efectuar tareas físicas.” (Feiner et al., 1993)

En 1994, Milgram, Takemura Utsumi y Kishino, establecen dos tipos de Realidades Aumentadas, una que puede ser usada para observar “a través” de ella y otra basada en visualizadores, tales como los monitores. Los visualizadores transparentes los definen como:

“...son caracterizados por la habilidad por ver a través del visualizador y ver el mundo que rodea el observador, logrando así, tanto el nivel máximo posible de presencia, como el grado máximo de “imagen espacial real” (Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994).”

En cuanto a la Realidad Aumentada utilizando visualizadores como los monitores, establecen la siguiente definición:

“Usamos el termino basado en monitor (no inmersivo), o “ventana al mundo” Realidad Aumentada, para referirnos a los sistemas de visualización donde las computadoras generan imágenes, que son sobrepuestas, ya sea analógicamente o digitalmente, a imágenes de video en vivo o imágenes de video almacenadas” (Milgram et al., 1994)

En una definición más reciente, Eric Klopfer establece la Realidad Aumentada como un método para “aumentar” la realidad del usuario (Klopfer & Squire, 2008)

7.6 Hardware y Software

Dependiendo del nivel de inmersión que un usuario desee tener en un mundo virtual, así mismo debe ser la cantidad y complejidad de los dispositivos usados. Sin embargo, existen elementos básicos para obtener un nivel medio de inmersión.

Actualmente, un HMD, un ordenador, y un joystick son elementos básicos necesarios para brindar un buen nivel de inmersión (J.-H. K. J.-H. Kim et al., 2013).

Los dispositivos usados en la Realidad Virtual, se pueden dividir en 2 tipos: dispositivo de entrada y dispositivos de salida (Howard, 2019).

7.6.1 Hardware

El hardware, o la parte física del sistema de realidad virtual, también puede dividirse en 2 partes, elementos de entrada y elementos de salida.

7.6.1.1 Hardware de captura o entrada

Estos elementos son los encargados de recoger las acciones del usuario, para luego ser llevadas al mundo real y que el usuario pueda interactuar con este. Los elementos más comunes, son el teclado, el ratón y el joystick (Rizzo et al., 2012). Si bien estos son económicos, son fáciles de usar y de encontrar, estos limitan la inmersión de un usuario en un ambiente virtual,

esto debido a que muy pocas actividades de la vida diaria consisten en solo presionar botones, o acciones similares a las realizadas por un ratón o joystick (Howard, 2019).

Existen otro tipo de tecnologías que ayudan a mejorar la inmersión de un usuario, como los son los guantes con sensores y sensores de movimiento que ayudan a simular los movimientos naturales de un individuo, y así existen otro tipos de dispositivos electrónicos que ayudan a este fin (A. K. Roy, Soni, & Dubey, 2013; Sanchez-Vives & Slater, 2005).

7.6.1.2 Hardware de emisión o salida

Se pueden considerar estas tecnologías, como aquellas que se usan para emitir y/o mostrar el mundo virtual al usuario, así como aquella que emite las sensaciones de este mundo al usuario. Existen muchos tipos de estas tecnologías y podemos considerar a los visualizadores como los dispositivos electrónicos más populares que pertenecen a esta categoría (Rushton, Mon-Williams, & Wann, 1994). Como se mencionó anteriormente, el sentido de la vista es el sentido que más recibe atención por parte de los desarrolladores, considerando su naturaleza predominante en las personas (Fuchs et al., 1992; Witmer & Sadowski, 2007). Es no sorpresa entonces, que los monitores de los computadores, son los elementos de salida más populares y accesibles (Bohil, Alicea, & Biocca, 2011) comparados a otros tipos de tecnologías de emisión o salida mas no quiere decir que sea el que brinda mayor nivel de inmersión.

Si bien existen muchos tipos de visualizadores, los dispositivos montados en la cabeza o HMD, son los elementos que en la actualidad más comunes que pueden brindar un buen nivel de inmersión a un usuario, lo que ha despertado el interese de investigadores y es posiblemente el elemento más usado en investigaciones (Chuptys & Coninck, 2013; Mai, Hassib, & Königbauer, 2017).

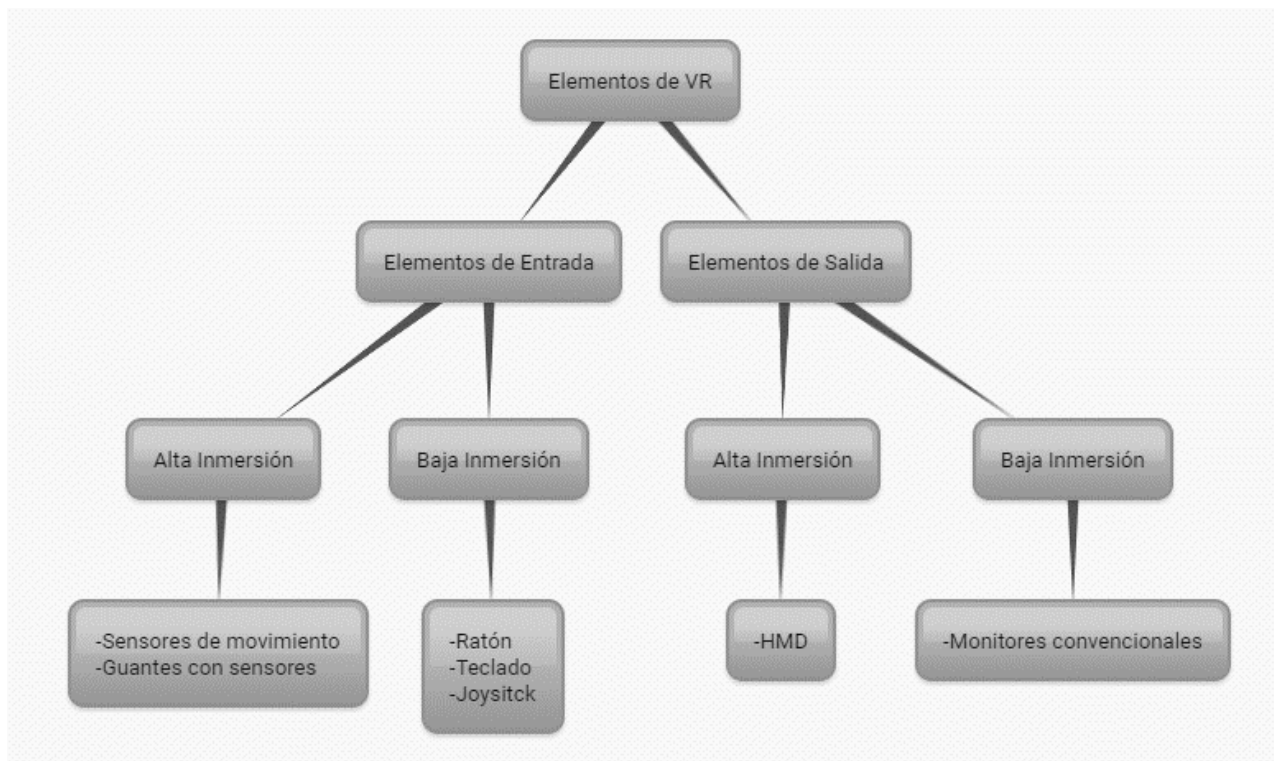


Figura 2: Elementos físicos usados en la RV. Fuente: (Howard, 2019)

7.6.2 Software

A fin de mejorar la inmersión del usuario, el software funciona en conjunto con el hardware a fin de beneficiarse mutuamente, y así proponer escenarios más realistas en todos los aspectos. Esto hace que el foco de la actualidad sea el software, haciéndolo una herramienta primaria en el éxito de las aplicaciones virtuales (Mirelman, Patrilli, Bonato, & Deutsch, 2010; Seth, Vance, & Oliver, 2011) gestionando el hardware de entrada y salida, así como la generación de una retroalimentación al usuario y análisis de datos (J.-H. K. J.-H. Kim et al., 2013).

7.7 Factor humano

La Realidad Virtual, es principalmente la generación de estímulos en los sentidos para hacer sentir a un usuario en un mundo que se desee crear (Holloway & Lastra, 1995), y la idea es hacer que un usuario permanezca en el hasta que se cumpla el objetivo de este. La siguiente tabla muestra la prevalencia de cada sentido humano:

Tabla 9:

Elementos físicos usados en la RV.

Sentido	Capacidad de proveer información al cerebro (en porcentaje)
Vista	70%
Oído	20%
Olfato	5%
Tacto	4%
Gusto	1%

Fuente: El Cine del Futuro: The Cinema of the Future. Presence, Vol. 1 – Morton Heilig

Al analizar la tabla, se ve la relevancia de la vista para poder llevar a un usuario a la inmersión de un ambiente virtual, sin embargo, los otros sentidos tienen participación, en especial el oído. Entre más estos se usen, más se puede llevar a un usuario a una experiencia más detallada (Sanchez-Vives & Slater, 2005).

7.8 Estereopsis

El ser humano común posee un par de ojos, los cuales captan una imagen del mundo. Debido a que estos se encuentran en diferentes posiciones, el cerebro es el que se encarga de procesar las

imágenes y así generar una imagen tridimensional, que ayuda a un humano a tener percepción de las cosas, tal como la profundidad. La noción de generar imágenes estereoscópicas surge en los años 1838 aproximadamente, cuando Charles Wheatstone explico como la mente crea las imágenes 3D, (Juang, Hung, & Kang, 2013) lo cual ha sido aprovechado por diferentes investigadores a fin de mejorar la inmersión de las personas en un mundo virtual, mediante mejores visualizadores (Niu, Aha, Mattila, Gotchev, & Ruiz, 2019). También, los diferentes manejos que se le den a estas imágenes, pueden mejorar su calidad, y así mostrar un mundo más detallado, haciendo que el usuario se sienta, que el ambiente virtual en el que se encuentra, pueda reemplazar al mundo real (Fang, Yan, Liu, & Wang, 2019).

8. Aprendizaje

8.1 ¿Qué es aprendizaje?

Múltiples definiciones de aprendizaje han sido propuestas a lo largo de la historia, y es probable que siga sucediendo, mientras cada área del conocimiento define este concepto según como considere que es aplicable a su área. También, es muy probable que surjan nuevas áreas del conocimiento, por lo que estas necesitan definir que podría ser el aprendizaje (Barron et al., 2015; Sfard, 2007). Pero lo cierto es investigadores tienen ideas en común al definirla, como el cambio de un individuo al adquirir experiencia y/o conocimiento. También mencionan la relación que tiene el aprendizaje y el comportamiento (Guney & Al, 2012; McLean & Christensen, 2017; Skinner, 2014).

Skinner (1953, p 65) establece:

“El término “Aprendizaje” puede guardarse en su sentido tradicional para describir el reordenamiento de respuestas en una situación compleja”(Skinner, 2014)

y agrega Skinner (1953, p 98) la relación entre el comportamiento y el aprendizaje:

“...es que tradicionalmente, el proceso de aprender se ha confinado al proceso de cómo hacer algo. En el aprendizaje basado en prueba y error, por ejemplo, el organismo aprende como salir de una caja, o como abrirse camino a través de un laberinto. Es fácil ver porque se debe enfatizar la adquisición del comportamiento (Skinner, 2014)”

Gagné (1984), propone un cambio de la forma en que se adquiere el individuo adquiere el conocimiento y el proceso del aprendizaje (Guney & Al, 2012). En su trabajo presenta lo que considera una definición tradicional que considera no cubre todo el umbral en cuanto a que es aprendizaje:

“...aprendizaje se ha entendido como el cambio de estado de un ser humano, que es recordado y que hace posible un cambio correspondiente en el comportamiento del individuo, dado cierto tipo de situación.” (Gagné, 1984)

Schmeck (1988) en su trabajo *Learning Strategies and Learning Styles* explica como la definición de aprendizaje puede varía según el individuo:

“En los extremos, un aprendiz podría describir el aprendizaje como la retención literal del conocimiento generalmente alcanzada a través de la repetición y recitación, mientras que otro podría describirla como el proceso interpretativo enfocado al entendimiento de la realidad” (Schmeck, 1988)

Existen múltiples definiciones con respecto al aprendizaje presentadas por diferentes autores a lo largo del estudio sobre como el individuo adquiere el conocimiento. Se han creado diferentes teorías que pueden variar en sus definiciones, pero que se asemejan mucho en muchos puntos, como en la enmarcada importancia de la experiencia o de la importancia del comportamiento de un individuo que pueden llevar a generar diferentes estrategias sobre cómo se puede presentar el conocimiento a una persona (López, Cerveró, Rodríguez, Félix, & Esteban, 2013).

8.2 Teorías del aprendizaje

No todas las personas adquieren el conocimiento de la misma forma, por ello, a lo largo de la historia han surgido teorías e hipótesis de cómo funciona el aprendizaje. A continuación, se explicaran algunas de estas teorías según el concepto de Guney (Guney & Al, 2012):

8.2.1 Teoría del aprendizaje comportamental

Esta teoría establece que el individuo sufre cambios en sus acciones, debido a un proceso de exploración y de la estimulación recibida por el ambiente en el que se encuentra.

8.2.2 Teoría del aprendizaje cognitivo

Establece que no solo el educado es responsable de su aprendizaje, también establece que el educador es un factor más importante del que se cree. Instituciones como las escuelas deben alterar su ambiente y/o entorno a fin de estimular a aquellos que buscan el conocimiento.

8.2.3 Teoría del aprendizaje constructivista

Establece que el aprendiz “construye” y no adquiere su conocimiento a partir de diferentes estímulos, como aquel proporcionado por el educador, así como por aquellos que brinda el ambiente.

8.2.4 Teoría del aprendizaje experiencial

Esta teoría establece que el proceso para adquirir conocimiento es basado en la experiencia del sujeto, pero que también incorpora otros elementos, tales como la percepción, cognición y el comportamiento.

8.2.5 Teoría del aprendizaje humanista

Establece que es necesario que estudiar a un individuo, especialmente en su etapa de crecimiento, para establecer sus necesidades e intereses.

8.2.6 Teoría del aprendizaje socio-situacional

Los allegados a esta teoría establecen que el aprendizaje se obtiene mediante la observación de otros individuos en un ambiente social.

9. Tecnologías de la Informática y de las Telecomunicaciones

9.1 Historia del internet

El internet ha tenido una gran evolución desde su nacimiento, y es probable que tenga usos que sus creadores tal vez no imaginaban, como la educación y el tratamiento médico de personas entre muchos otros (Andersson, 2018). El primer indicio que se tiene de un mensaje pasado de una estación a otra data del año 650 A.C.(Hafner & Lyon, 1998) Si bien desde el paso de la historia ha existido técnicas de transmisión de información, tales como tambores, señales de humos, banderas y heliógrafos entre muchos otros, las TIC modernas se remontan a más de 150 años, con el nacimiento del telégrafo, una tecnología que hace uso de elementos electromecánicos para la transmisión de información (Miranda & Lima, 2012).

Internet nació en la década de 1960, como un proyecto del departamento de defensa de Estados Unidos. Específicamente, la Agencia de proyectos de investigación avanzados o ARPA consiguió hacer la conexión entre diferentes terminales computacionales, ubicados en el Pentágono (Washington), otro en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Cambridge), uno más en la Universidad de California (Berkeley) y una última en Santa Mónica, California. Sin embargo, la persona que visionó un futuro que conectaba a las personas, además de permitirles a estos poder acceder a la información de forma inmediata fue J.C.R. Licklider, quien en 1962 propuso esto en su concepto “Red Galáctica”. Otro aporte de suma importancia fue el hecho por Leonard Kleinrock, quien publicó en 1962 su trabajo sobre el conmutado de paquetes (Hafner & Lyon, 1998; Leiner et al., 1997).

El internet moderno nace cuando Vint Cerf empezó a trabajar en un protocolo que facilitó el surgimiento de nuevos servicios al facilitar el transporte y la entrega de la información. Este

protocolo sería llamado protocolo TCP/IP. En 1972 Robert Kahn realizó una muestra en una conferencia, de lo que se conocería como ARPANET, unas redes computacionales en la que varias, y en ese mismo año se creó y aplicó lo que se conoce hoy como el correo electrónico. En 1989 dos científicos del CERN un centro de investigación nuclear ubicado en Ginebra, llamados Robert Cailliau y Tim Berners-Lee desarrollan y crean el lenguaje HTML y así mismo, en 1990 construyen el cliente Web, el principio de la World Wide Web, y que permitía el intercambio de información de forma más fácil (Hafner & Lyon, 1998; Odlyzko, 2012).

9.2 Importancia y definición de TIC

Existen múltiples definiciones sobre las tecnologías de la informática y telecomunicaciones, pero lo que se puede resaltar la importancia de esta y como ha ayudado a la gestión de la información, facilitando la captura y mantenimiento de esta (Hagar, 2011). Y es que existen muchas empresas que se han dado cuenta de cómo las TIC están afectando las economías de las naciones, haciendo que el tráfico y manejo de información sea un pilar destacado de las economías, afectando el diario vivir de las personas, así como la forma en que estas son educadas y entrenadas (Wilson, Scalise, & Gochyyev, 2015). Desde el nacimiento de la World Wide Web, muchas naciones se dieron cuenta del potencial que existía, por parte de las TIC, para mejorar la educación, y es por ello que decidieron apostarle a las tecnologías, y por ello decidieron equipar todos los colegios con salas de informática para así poder acceder a internet y a todos los beneficios que conlleva (Pelgrum, 2001).

La comisión de comunidades europeas, conociendo la importancia de las TIC, presentó en 2001 un informe sobre estas junto con la siguiente definición:

“Las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) son un término que se utiliza actualmente para hacer referencia a una gama amplia de servicios, aplicaciones, y tecnologías, que utilizan diversos tipos de equipos y de programas informáticos, y que a menudo se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001)

Así mismo, la comisión de las comunidades europeas establece el contenido de las TIC, mencionando algunos ejemplos, como es la telefonía, tanto tradicional como celular, el fax, el internet, el correo electrónico entre muchos otras; habla de tecnologías antiguas como es la televisión y radio y habla de tecnologías nuevas como las comunicaciones móviles. Además habla de las aplicaciones de esta, como son las videoconferencias, el teletrabajo, la enseñanza a distancia y otras (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001).

9.3 Aportes de las TIC

Las tecnologías de la información y las comunicaciones se han integrado tanto en la vida diaria de cualquier persona, que esta la utilice más de lo que piensa. Estas son cambiantes, y en un mundo de rápidos cambios, estas han contribuido a una economía, sociedad y cultura dinámica (Graells, 2015). Esto es debido a sus aportes, que se muestran en la Tabla 10:

*Tabla 10:***Aporte de las TIC**

Aportes de las TIC
Fácil acceso a una gran fuente de información.
Proceso rápido y fiable de todo tipo de datos.
Canales de comunicación inmediata (On/Off).
Capacidad de almacenamiento.
Automatización de trabajos.
Interactividad.
Digitalización de toda la información.

Fuente: (Graells, 2015)

9.4 Características de las TIC

Cabero (Cabero Almerana, 2007) explica lo que él considera son las características de las nuevas tecnologías. Esto se puede destacar:

9.4.1 Inmaterialidad

Habla de este término en el sentido de que la principal fuente del desarrollo de actividades es la información, en múltiples formas como videos, fotos, textos y muchos más.

9.4.2 Interconexión

Se habla de interconexión cuando se hace referencia a la capacidad poder combinar diferentes tecnologías para mejorar sus capacidades, como son la radio satelital o televisión transmitida por internet.

9.4.3 Interactividad

Es la capacidad de un receptor de poder participar en la comunicación, como ejemplo están las películas interactivas.

9.4.4 Instantaneidad

Esta característica permite la interactividad en tiempo real entre los usuarios o entre usuario y datos que este manipulando. Un ejemplo de esto son los chats y los tableros virtuales.

9.4.5 Calidad

La capacidad de transmisión de datos es mayor, haciendo posible el envío de datos con mejores características, como es la televisión digital por internet o la radio digital.

9.4.6 Creación de lenguajes y códigos

Al ser evolutivas, las tecnologías informáticas permiten la creación de nuevos tipos de lenguajes y códigos, que muchas veces resultan en formas más simples de comunicarse. También está la capacidad de reordenar los códigos existentes para crear nuevos, tanto para el aspecto social, como para el aspecto multimedia.

9.4.7 Amplitud

Con la facilidad de acceder a tecnologías como el internet, y otras como el Big Data ayudando a manejar la información, es posible segmentar los usuarios, creando así comunidades enfocadas en los gustos y en la comunicación entre usuarios.

9.4.8 Diversidad

Al crecer la oferta tecnológica, crecen las posibilidades de desarrollo y ya no es necesario seguir un tipo de tecnología para obtener los resultados que se buscan.

9.5 TIC y la educación

Las TIC han demostrado que al ser aplicadas en como un instrumento didáctico e innovador en la enseñanza, se obtienen buenos resultados en el aspecto educativo (Haelermans & Witte, 2012) y es por ello que diferentes naciones apostando a la implementación de estas en las aulas de clases, desde la primaria, hasta la universitaria (Witte & Rogge, 2014).

La Comisión de las Comunidades Europeas ha destacado lo siguiente en su informe “Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo El papel de las TIC en la política comunitaria de desarrollo”:

“El uso de las TIC en la cooperación al desarrollo no es un fin en sí mismo, sino que es un medio para aumentar la eficacia de las actividades de desarrollo. Al igual que las finanzas, o la experiencia, o los coches o los libros, por poner ejemplos, debe considerarse una herramienta para los programas de desarrollo y otras áreas de la economía y de la infraestructura social.” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001).

Además el informe (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001) habla sobre las bondades sobre las TIC y especifica una serie de beneficios que se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 11:

Beneficios de las TIC.

Beneficios de las TIC
Permiten emprender una actividad.
Desempeñan un papel facilitador en apoyo de objetivos de desarrollo
Crean la oportunidad de una actividad de desarrollo que antes no era técnicamente posible
Difunden conocimientos o experiencia
Permiten la adaptación a las necesidades locales

Fuente: (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001)

La UNESCO ha encontrado los beneficios que surgen al unir las TIC con las diferentes áreas de la enseñanza, aplicadas en los diferentes grados escolares, por ello elaboro una guía sobre cómo implementar estas mediante una metodología disponible para cada nación (UNESCO, 2008). Y no es de extrañar que esto ocurra, puesto que ya existen múltiples ejemplos sobre casos de éxito al implementar las TIC en los diferentes niveles de educación. Un ejemplo es un estudio elaborado por Liu, Toki y Pange (2013), donde comparan los beneficios educativos obtenidos gracias a las tecnologías aplicadas a la educación, entre los países de China y Grecia. Si bien existen diferencias entre los modelos de las naciones, se pueden nombrar los benéficos que estas han brindado (X. Liu, Toki, & Pange, 2014). Es normal entonces, esperar que las naciones amplíen cada vez más la aplicación de las diferentes tecnologías que existen, a los aprendices para así afianzar y mejorar la adquisición y retención del conocimiento.

10. Desarrollo de la herramienta computacional

En esta unidad, se procederá a explicar los pasos que se realizaron a fin de completar la herramienta computacional, así del porqué de la selección del motor gráfico elegido para la programación respectiva. También se mostrarán elementos que se tuvieron en cuenta al momento de programar el modelo cerebral tridimensional.

10.1 Unity

En el mercado existen múltiples tipos de software para el desarrollo de una herramienta en Realidad Virtual. Se seleccionó el software Unity por ser uno de los más utilizados y con mayor respaldo para manejos de usuario. Este programa, lanzado en 2005 en la conferencia mundial de desarrolladores auspiciada por Apple, ofrece compatibilidad con múltiples programas adicionales que sirven para el desarrollo de la herramienta didáctica propuesta en este documento, como Blender, Adobe Photoshop y Cinema 4D entre muchos otros. La documentación disponible para el uso de este programa es abundante, debido a la creación de comunidades. Además, el hecho que es uno de los programas más usados para la programación de videojuegos, hace que cuente con actualizaciones constantes hacia las nuevas tecnologías.

Sin lugar a duda, la mayor ventaja que ofrece este programa es que brinda licencias para uso gratuitas a los estudiantes que deseen experimentar con este programa, así como licencia gratuita para las empresas que generen ingresos menores USD \$100.000 anuales. También brinda kits de desarrollo para docentes que deseen usar Unity como método didáctico, así como guías de usuario gratuitas, foros y una comunidad creciente de entusiastas. También permite la posibilidad de certificarse en el uso de Unity en diferentes áreas, tales como programación o diseño en 3D, todo esto desde su página web.

La página oficial de Unity también ofrece una muestra de los empresas asociadas a ellos, entre las que se encuentran Nintendo, Sony y Oculus, esta última tiene como actividad principal la fabricación de hardware para el uso en Realidad Virtual.

10.2 Recopilación de datos

El primer paso para la elaboración de este proyecto fue la recolección de datos, en primera parte sobre los requerimientos de los interesados, y después la información referente al programa. Con respecto a lo primero, se decidió hacer visitas a neurólogos y neurocirujanos sobre los aspectos anatómicos del cerebro humano, así como información de textos y documentos académicos en la enseñanza del cerebro, de los cuales se obtuvo la consolidación del tema.

Aminoff y Daroff brindan la siguiente definición en su libro “Encyclopedia of the Neurological Sciences” (2014) de la anatomía cerebral:

“El cerebro es un arreglo complejo de núcleos y vías neuronales que proveen al humano la capacidad de procesar estímulos sensoriales; regular funciones viscerales, endocrinas y funciones musculoesqueléticas.; así como ejecutar funciones mentales superiores. El cerebro o pequeño cerebro (cerebrum), el tronco encefálico y el cerebelo constituyen las principales subdivisiones del cerebro (brain). La amplia convergencia entre las estructuras cerebrales relacionadas y la divergencia de las proyecciones neuronales proporciona un medio eficiente de control coordinado y distribuido del sistema nervioso central. “(Encyclopedia of the Neurological Sciences, p 463)

Se destaca que la variabilidad de la anatomía cerebral en diversas situaciones, como es el caso de las enfermedades (Altamura et al., 2018; Pujol et al., 2018). Si bien existe múltiples factores que se presentan haciendo alterar la estructura anatómica cerebral, en este trabajo solo se orienta a un cerebro sano.

En un proceso inicial de retroalimentación entre docentes y especialistas en neurociencias, se preguntó cuál consideraban que eran las partes más importantes que se debían mostrar a los estudiantes. La respuesta general de parte de los profesionales señaló que existen múltiples partes que no se deben omitir, las cuales se adicionan al programa computarizado. La tabla a continuación muestra las partes básicas comprendidas en el programa:

Tabla 12:

Partes seleccionada para modelación de la anatomía cerebral a mostrar en el programa computarizado de realidad virtual.

Hemisferios Cerebrales
Cerebelo
Tronco encefálico
Bulbo raquídeo
Lóbulos cerebrales
Medula espinal

Fuente: Elaboración propia

Si bien es necesario recalcar que la anatomía cerebral es muy compleja y está comprendida por muchas partes adicionales a las aquí mencionadas, para esta etapa del desarrollo del software se planea usar las mencionadas en la tabla debido a su alto grado de complejidad en la modelación.

Una vez recopilada la información a usar, el software a usar y los requerimientos y recomendaciones iniciales de los profesionales, se procedió a desarrollar las etapas iniciales de desarrollo o elaboración del programa computarizado.

10.3 Elaboración del programa computarizado

Una vez completada la etapa de recolección de datos, se procedió a la elaboración del programa computarizado usando para ello el motor gráfico Unity. Se creó el proyecto para el desarrollo como se muestra en la Figura 3:

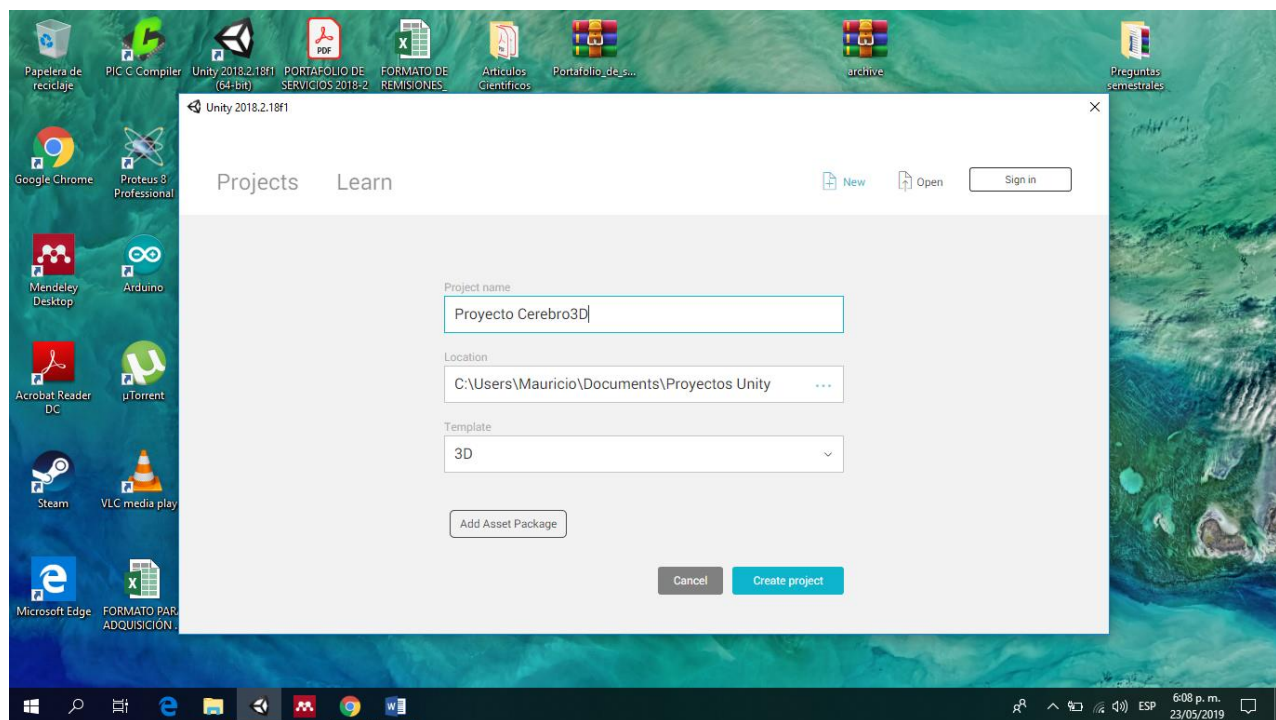


Figura 3: Creación del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Una vez se carga la interfaz del programa, el siguiente paso fue la familiarización con este. Verificar sus funciones y confirmar en práctica, las ayudas que se brindan en línea, tanto de la página oficial como de los foros hechos por los usuarios. La Figura 4 presenta las características básicas de la interfaz Unity.

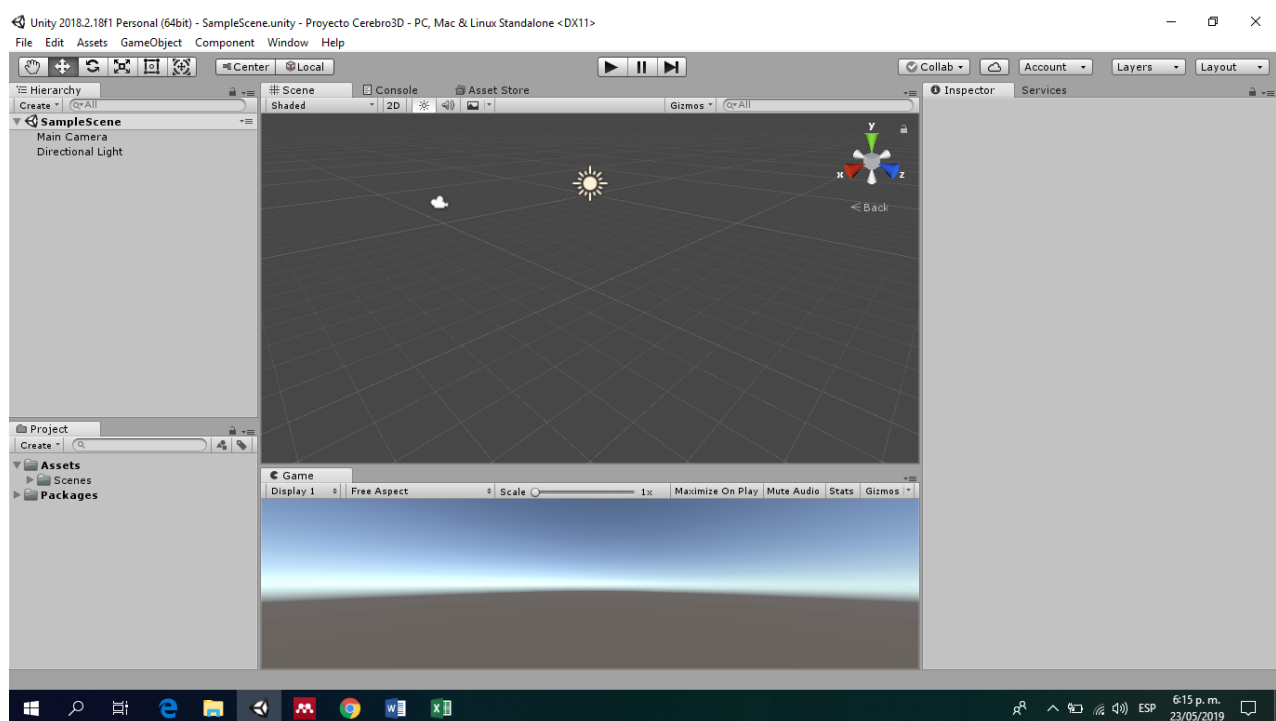


Figura 4. Interfaz de Unity. Fuente: Elaboración propia

En las bases de datos se pueden hacer uso de repositorios dedicados exclusivamente a que usuarios carguen en sus servidores diferentes modelos tridimensionales de múltiples objetos. Desde elementos sencillos y cotidianos como sillas, hasta objetos con mayor nivel de desarrollo como casas, y en algunos casos, hasta calles y edificaciones complejas. Se encontró entonces una

página especializada que contiene múltiples modelos del cerebro llamada Clara.io. Al acceder a esta, se encontró una sección disponible al público, donde los usuarios registrados pueden descargar modelos del cerebro humano que pueden ser integrados a Unity.

Si bien existen múltiples tipos de modelos cerebrales, nos todos son iguales y varían en diferentes aspectos, desde el color hasta la forma de la figura. Se procedió a descargar múltiples modelos a fin de escoger el más apropiado. Esto se decidió con ayuda de neurólogos y neurocirujanos, los cuales escogieron el modelo que se presenta en este trabajo, por cumplir con los elementos requeridos que se mencionan en la tabla. La Figura 5 presenta el repositorio de los modelos cerebrales que pueden ser descargados desde la base de datos en la web clara.io.

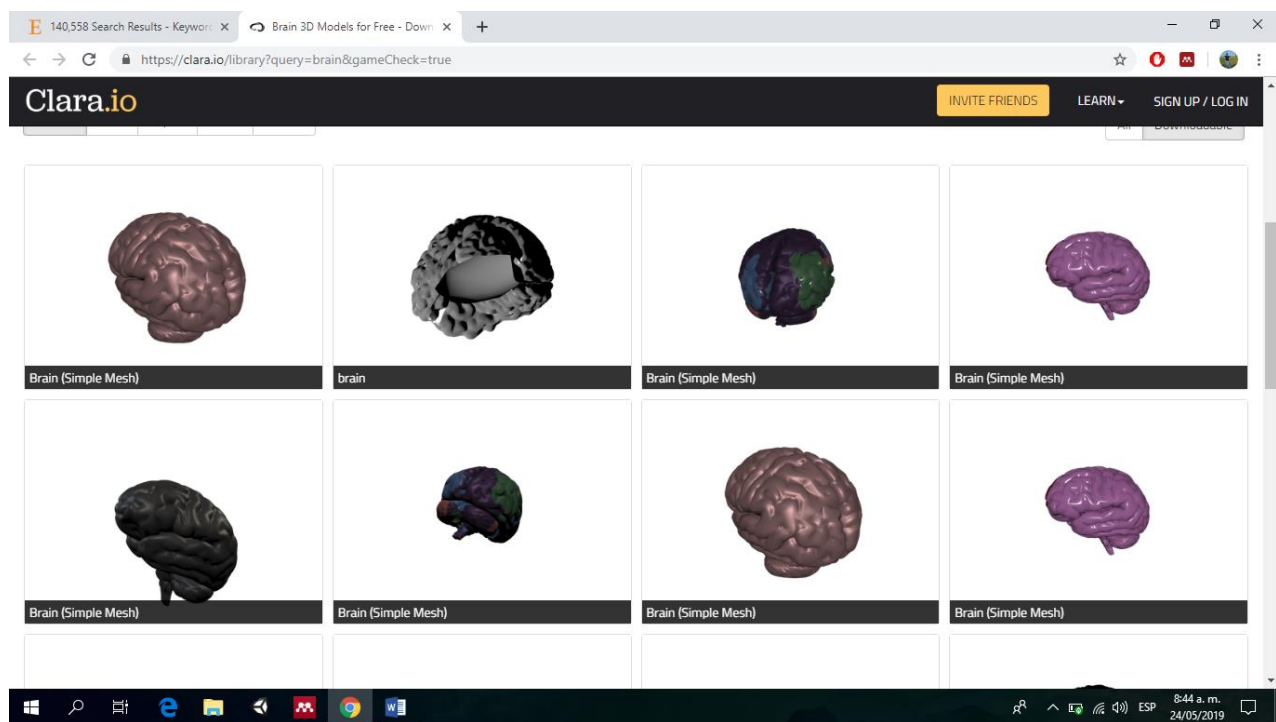


Figura 5. repositorio de modelos cerebrales en 3D, de la página web clara.io. Fuente: Elaboración propia

Una vez elegido el modelo correspondiente, este fue importado a Unity. Si bien el modelo cerebral descargado es simple, se verificó su selección con los profesionales de la disciplina. Dentro de las consideraciones de selección se tuvo en cuenta que a este modelo se le pudieran realizar modificaciones con base en las retroalimentaciones recibidas. La Figura 6 representa el modelo 3D del cerebro humano representado en Unity con el cual se desarrolla el modelo base del cerebro.

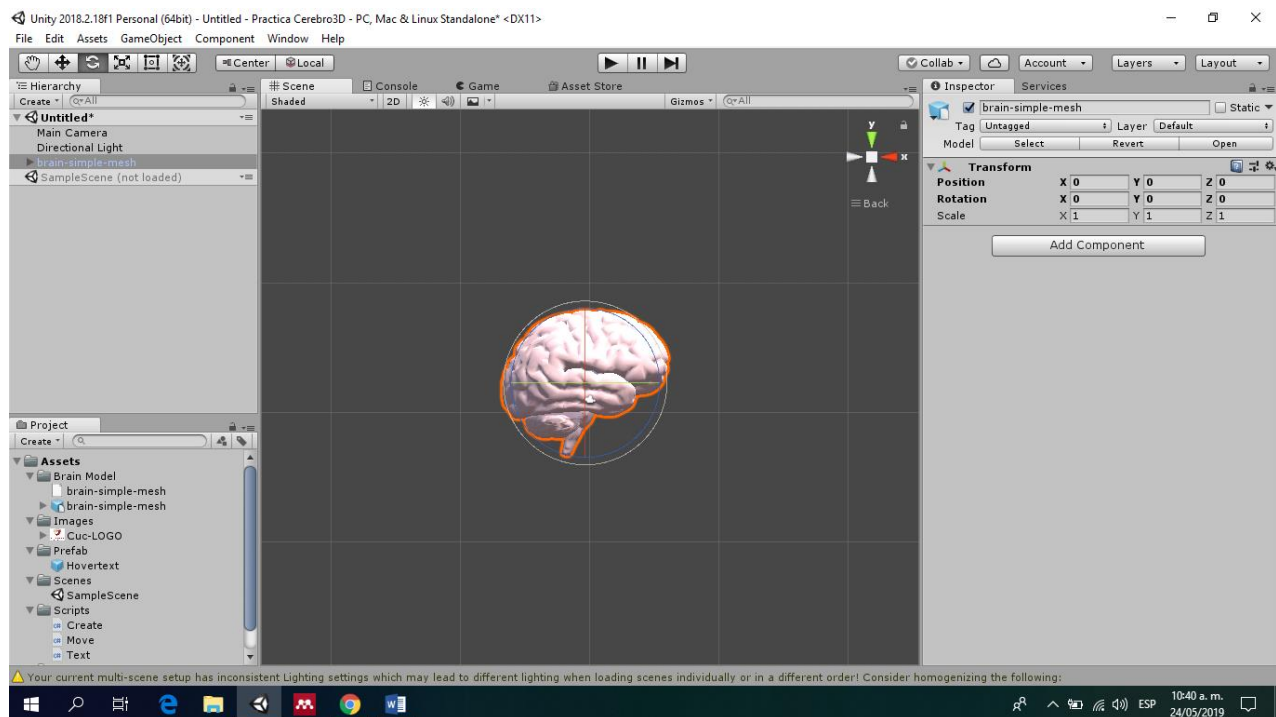


Figura 6. Modelo 3D del cerebro humano en Unity. Fuente: Elaboración propia

El modelo no tuvo inconvenientes al momento de ser cargado Unity, y por ello, se procedió a realizar la programación pertinente. Se debía elegir que funciones se podían realizar,

a fin de cada vez mejorar más la experiencia del usuario y se eligieron las funciones básicas, como las de rotación y traslación.

El modelo puede ser manipulado de dos formas, una es rotándolo presionando las teclas “C” y “Z” para que gire en el eje Y, y las teclas de dirección izquierda y derecha para que giren en el eje X. Para que el modelo se traslade en el eje Y, se habilitaron las teclas de dirección arriba y abajo. Se creó un script (Figura 7) utilizando el programa incluido en Unity llamado Microsoft Visual Studio 2017. También se habilitaron unas opciones sobre el modelo del cerebro a fin del que usuario pueda alterar la configuración de la velocidad con la que se realizan los movimientos del modelo 3D, tanto en su rotación como en su traslación. La intención de esto es que el usuario encuentre la configuración de movimiento más cómoda para él.

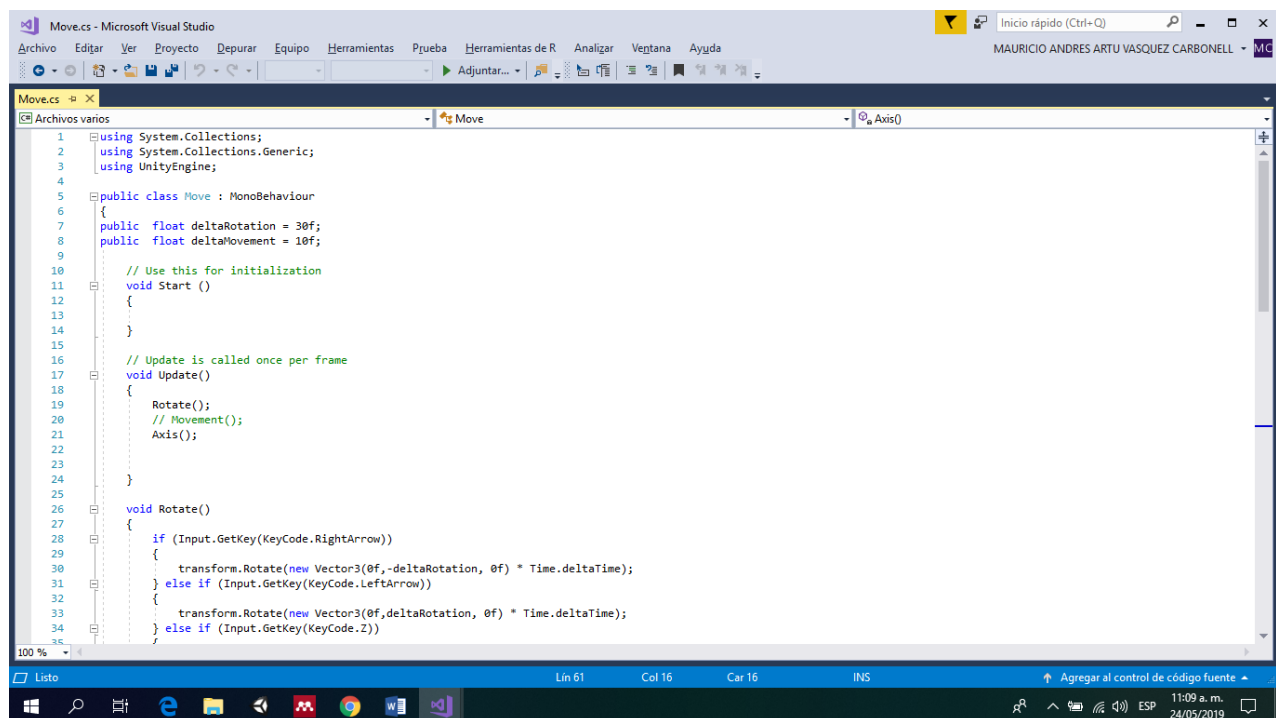


Figura 7. Interfaz de Microsoft Visual Studio 2017, junto con el código de movimiento. Fuente: Elaboración propia

Se agregó un texto flotante a fin de colocar el logotipo de la Universidad de la Costa, el cual mediante un código adicional permanecerá un instante en la pantalla. La idea detrás de esto es que cuando se complete el programa, el usuario que ejecute el programa computarizado sea recibido por el logotipo de la universidad en primera medida, así como el nombre del creador, el cual permanecerá durante 3 segundos, para luego desaparecer y dar paso al modelo cerebral. También se podrá observar la versión del programa computarizado, la cual, al momento de la elaboración de este documento es Versión 0.1 (V0.1). Esto puede apreciarse en la Figura 7, donde se muestra la interfaz de programación.

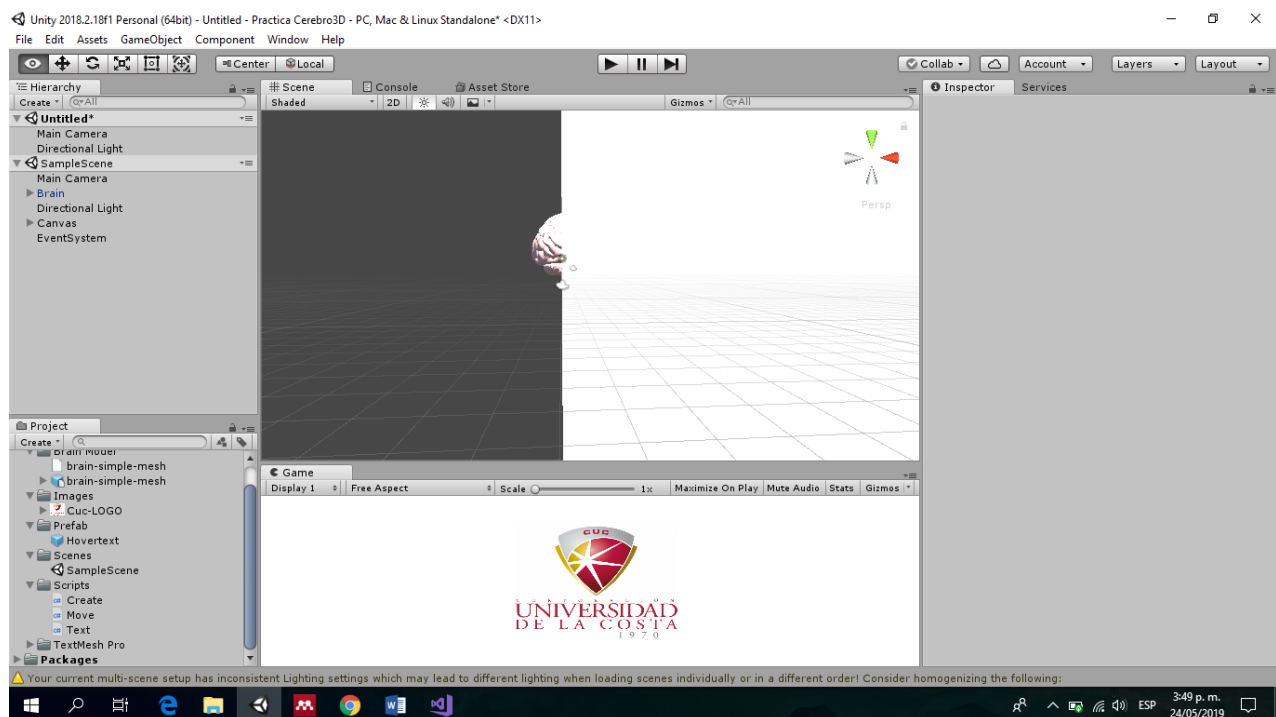


Figura 8: En la parte superior se encuentra la pantalla de programación, en la inferior, la pantalla que deberá visualizar el usuario. Fuente: Elaboración propia

También, se ha dejado intacta la textura original del modelo. Es posible alterarla sin inconvenientes, ya sea mediante programas externos o inclusive, descargarlo de repositorios en

internet. En la actualidad, ya se cuentan con avances para hacer más completo el programa computarizado, como los códigos necesarios para poder trasladar los controles a los joystick que se planea utilizar juntos con las gafas de realidad virtual, así como contactos con expertos en la parte del diseño, los cuales asesoraran el paso a seguir del modelo cerebral, para seccionarlo y en un tercer paso, hacer las señalizaciones correspondientes, como anuncios que se prenden al momento de manipular una sección. La Figura 8 muestra lo explicado anteriormente.

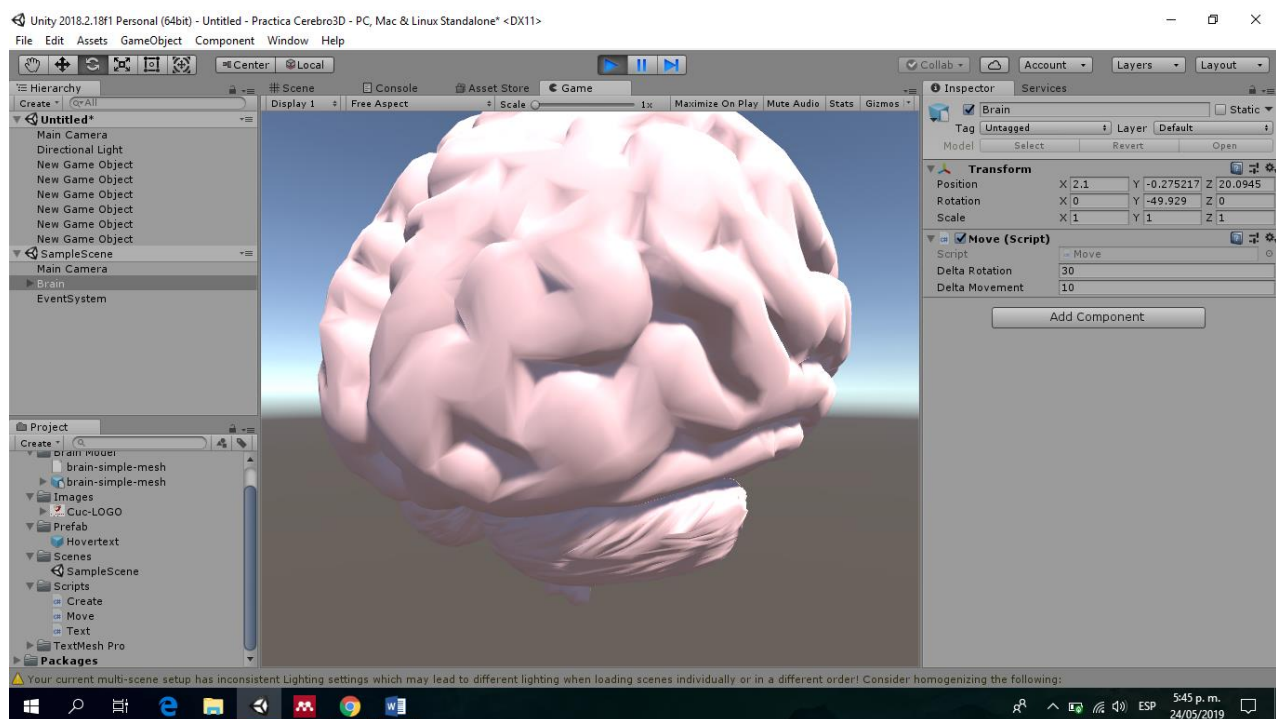


Figura 9. Imagen del modelo cerebral en 3D, corriendo en la plataforma Unity, después de agregarle los scripts.
Fuente: Elaboración propia

11. Métodos y análisis

11.1 Recolección de la retroalimentación

Como primer paso para la retroalimentación del programa con profesionales, este fue mostrado a 8 profesores de psicología de la Universidad de la Costa CUC, a los cuales está enfocado el uso del Software de esta tesis. Una vez explicado el funcionamiento y visión del programa computarizado, se procedió a enviarles una encuesta a través del programa Google Docs., que constaba de 13 preguntas y se llevó a cabo en mayo 17 del 2019, se dejó abierta la recepción de respuestas por el espacio de 5 horas, en las cuales 7 docentes enviaron su respuesta. Todas las preguntas presentadas son de respuesta afirmativa o negativa.

11.2 Preguntas formuladas y resultados de la encuesta

A continuación, se muestran las preguntas una a una, analizando el resultado que se obtuvo en cada una:

1. ¿Conoce el concepto de TIC?

A) SI 100% (7)

B) NO 0% (0)

El objetivo de esta pregunta era saber que tanto estaban los docentes familiarizados con el termino TIC, y así tener una idea de establecer que tanto seria necesario explicar o profundizar el conocimiento en las TIC. Al todos los docentes conocer el concepto de TIC, se hace más sencilla la tarea de explicar a futuro como les ayuda implementar este programa en las clases.

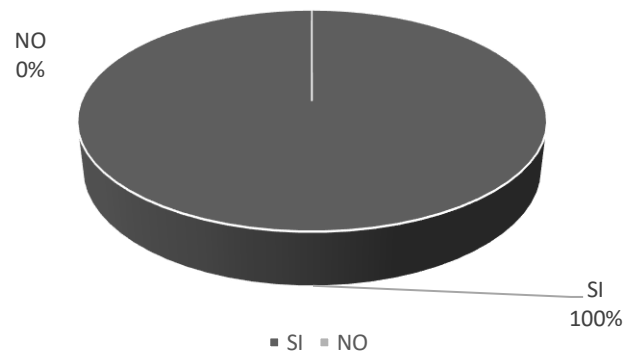


Figura 10 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 1. Fuente: Elaboración propia

2. ¿Ha implementado las TIC en sus clases?

A) SI	100% (7)
B) NO	0% (0)

Esta pregunta se formuló con el mismo principio que la pregunta 1. Al tener usar TIC en sus clases, es posible que sea fácil al docente aplicar el programa computarizado aquí propuesto, una vez este completado.

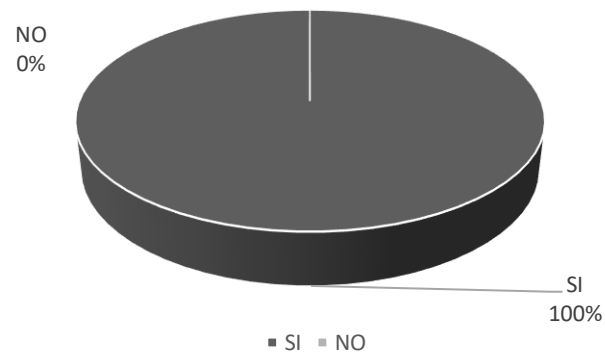


Figura 11: Porcentaje de respuesta a la pregunta 2 Fuente: Elaboración propia

3. ¿Conoce el concepto de Realidad Virtual?

A) SI	100% (7)
B) NO	0% (0)

Debido a que el principio del proyecto es la realidad virtual, se decidió preguntar a los encuestados si estaban familiarizados este concepto. Todo esto, como se explicaba anteriormente, con el fin hacer posible una implementación más rápida de este proyecto.

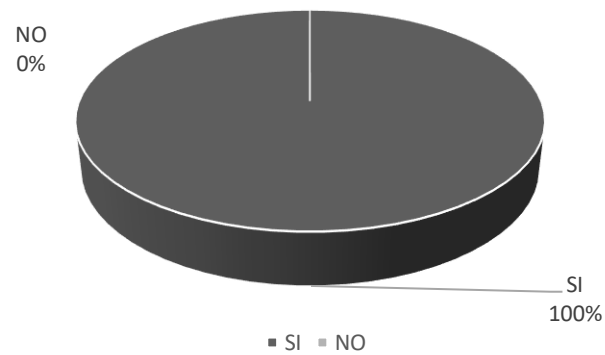


Figura 12: Porcentaje de respuesta a la pregunta 3 Fuente: Elaboración propia

4. ¿Piensa que el proyecto mostrado actualmente tiene potencial de aplicación a su clase?

A) SI 100% (7)

B) NO 0% (0)

Todos los docentes encuestados mostraron interés y se mostraron positivos a la idea de aplicar el presente proyecto a su aula de clase. La importancia de esta pregunta radica en que se quería conocer si los encuestados consideraban que el proyecto estaba camino a los objetivos planteados.

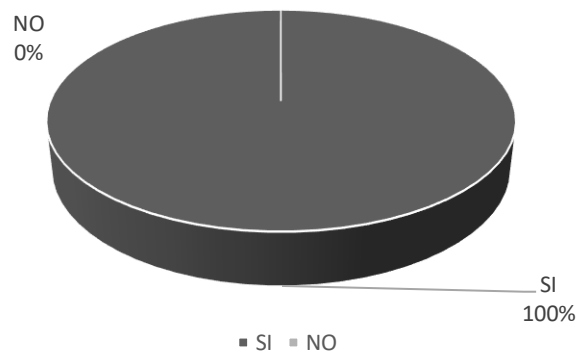


Figura 13 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 4 Fuente: Elaboración propia

5. ¿Ha recibido capacitación para la aplicación de TIC o Realidad Virtual en su clase?

A) SI 71.4% (5)

B) NO 28.6% (2)

Se deseaba conocer que tanto la universidad o institución ha trabajado en capacitar a los docentes para que estos pudieran aplicar herramientas tecnológicas en su clase. Dos de los encuestados (28.6%) comentaron que no han recibido algún tipo de ayuda o capacitación.

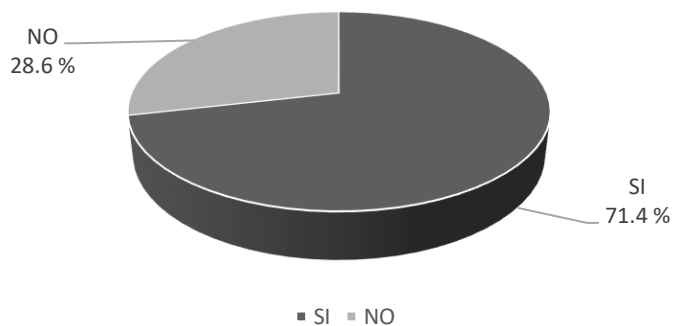


Figura 14: Porcentaje de respuesta a la pregunta 5 Fuente: Elaboración propia

6. ¿Considera que el programa mostrado serviría a un estudiante para identificar los hemisferios cerebrales?

A) SI 100% (7)

B) NO 0% (0)

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestas, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados.

Gráfico V: Porcentaje de respuesta a la pregunta 6

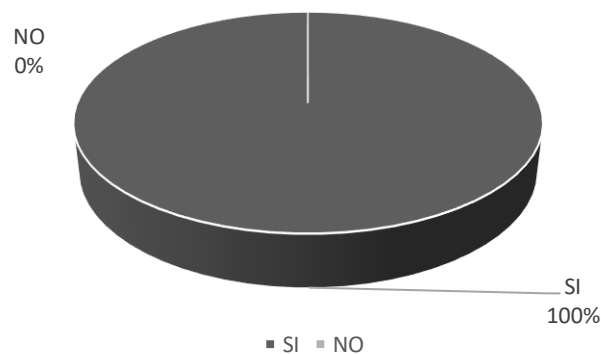


Figura 15: Porcentaje de respuesta a la pregunta 6 *Fuente: Elaboración propia*

7. ¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar el cerebelo?

A) SI 100% (7)

B) NO 0% (0)

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestas, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados.

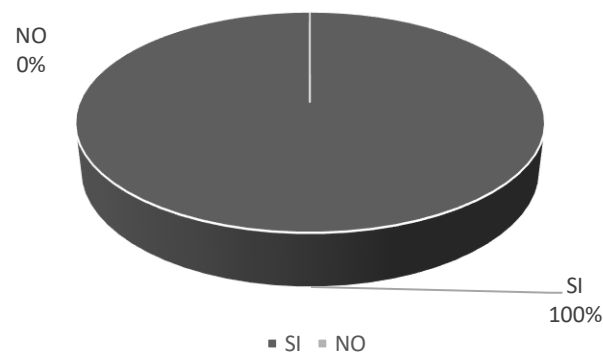


Figura 16: Porcentaje de respuesta a la pregunta 7. Fuente: Elaboración propia

8. ¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar el tronco encefálico?

A) SI	100% (7)
B) NO	0% (0)

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestas, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados.

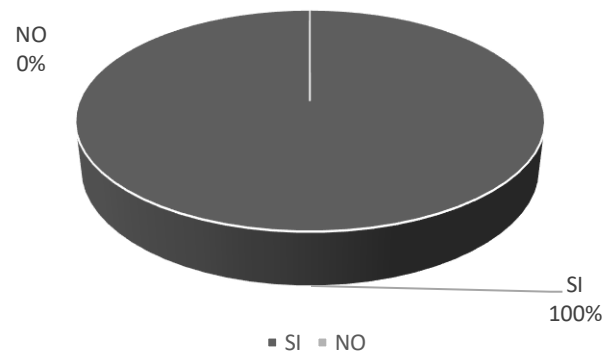


Figura 17: Porcentaje de respuesta a la pregunta 8 Fuente: Elaboración propia

9. ¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar el bulbo raquídeo?

A) SI 85.7% (6)

B) NO 14.3% (1)

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestados, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados.

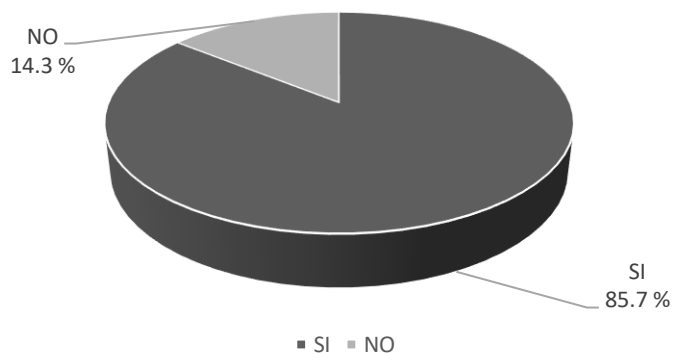


Figura 18: Porcentaje de respuesta a la pregunta 9 Fuente: Elaboración propia

10. ¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar los lóbulos cerebrales?

- | | |
|-------|----------|
| A) SI | 100% (7) |
| B) NO | 0% (0) |

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestados, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados.

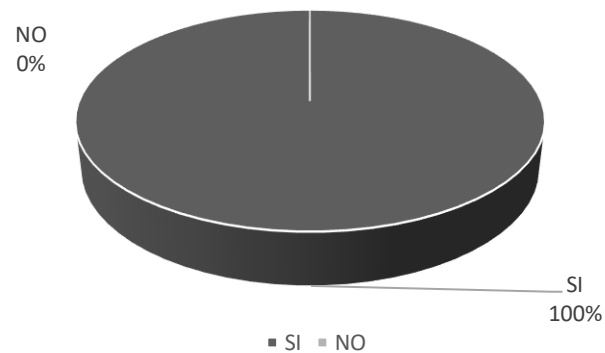


Figura 19: Porcentaje de respuesta a la pregunta 10 Fuente: Elaboración propia

11. ¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar la parte de la medula espinal?

- | | |
|-------|-----------|
| A) SI | 85.7% (6) |
| B) NO | 14.3% (1) |

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestados, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados. Solo se obtuvo una respuesta negativa (14.3%) lo cual muestra que existe campo de mejora en esta parte del software.

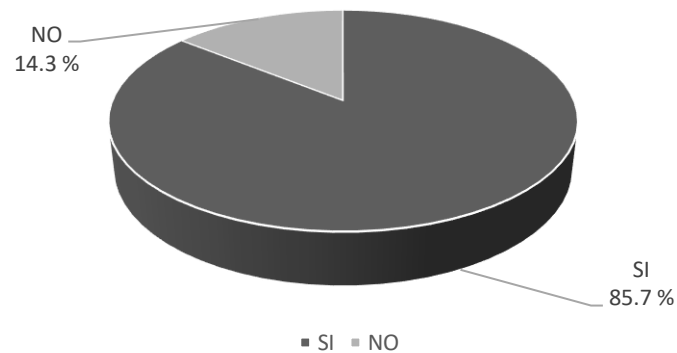


Figura 20: Porcentaje de respuesta a la pregunta 11 Fuente: Elaboración propia

12. Hasta en esta etapa del desarrollo del programa, ¿cree que puede ser considerado como una ayuda didáctica para un estudiante?

- A) SI 100% (7)
B) NO 0% (0)

Si bien el proyecto se encuentra todavía lejos a su terminación, el personal encuestado concluyo en su totalidad, que el proyecto muestra un gran potencial educativo para los estudiantes de psicología.

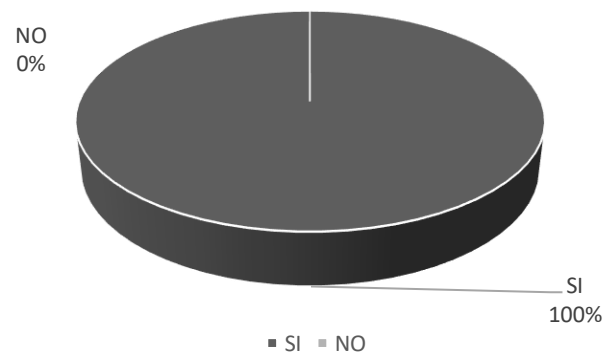


Figura 21: Porcentaje de respuesta a la pregunta 12 Fuente: Elaboración propia

13. Hasta en esta etapa del desarrollo del programa, ¿cree que este tipo de ayuda didáctica tiene potencial de uso en su entorno de enseñanza?

A) SI	100% (7)
B) NO	0% (0)

Esta pregunta tiene como objetivo verificar que tanto es posible la aplicación del actual programa en las aulas de clases de los encuestados, hasta esta etapa del desarrollo y verificar que este proyecto esté cumpliendo con los objetivos trazados.

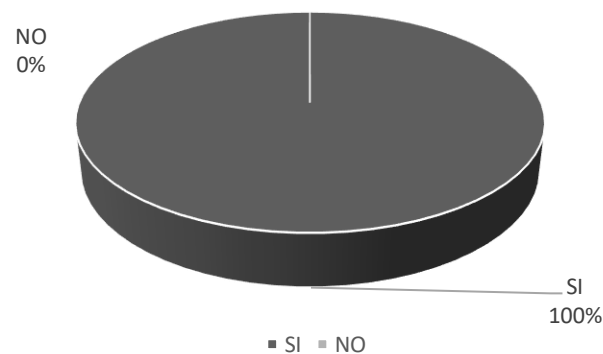


Figura 22 : Porcentaje de respuesta a la pregunta 13 Fuente: Elaboración propia

11.3 Análisis de resultados y retroalimentación

La encuesta fue completada por 7 docentes de la Universidad de la Costa, después de que fue presentado el programa computarizado. El nivel de estudio de los docentes fue: 2 con título Universitario, 4 con estudios o título de Maestría y 1 con estudio de Doctorado.

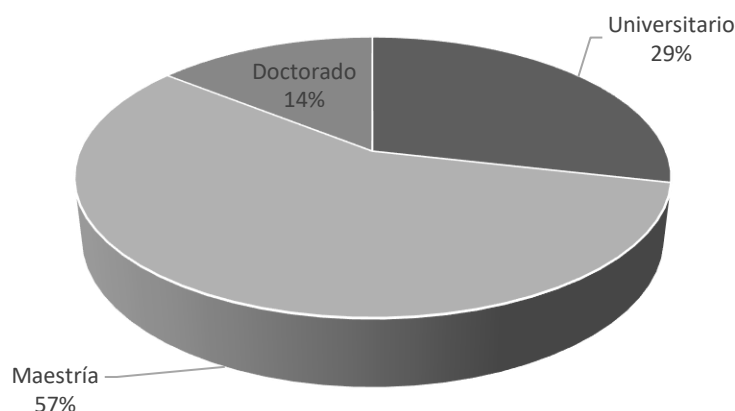


Figura 23: Nivel de estudio de los encuestados Fuente: Elaboración propia

En la etapa de muestra del programa computarizado a los docentes, estos mostraron interés en el uso de la Realidad Virtual en el ámbito educativo, en especial en la parte de interactividad, es decir, donde los estudiantes puedan manejar a su antojo el modelo 3D del cerebro humano. En la sesión de muestra del software, también expresaron algunas inquietudes, siendo las más relevantes el tamaño del modelo y el color del cerebro en el programa. Estas fueron aclaradas al explicarles sobre el proceso de desarrollo, el cual aún se encuentra en proceso de desarrollo. También comentaron sobre el posible impacto que tendría la enseñanza en Realidad Virtual sobre los estudiantes de psicología.

Una vez concluida esta parte, se procedió al envío de las pruebas personalizadas donde al analizar los resultados, se concluye sin lugar a dudas que este programa computarizado tiene un gran potencial para ayudar a los maestros y profesores en sus salones de clases.

Todos los encuestados señalaron conocer el concepto de las TIC, así como aplicarlos en sus clases. También expresaron conocer el concepto de Realidad Virtual. Si bien todos usan las TIC como un método didáctico, el 28.6% manifestó no haber recibido alguna capacitación para el uso

de TIC en sus clases. Si bien casi todas las respuestas mostraron que los estudiantes, con un correcto acompañamiento, podrían distinguir elementos básicos del cerebro humano, tales como los hemisferios cerebrales, el cerebelo, los lóbulos cerebrales y el tronco encefálico.

Sin embargo, no todas las pruebas arrojaron una aprobación de 100% en todos ítems, lo cual deja espacio para mejoras. Esto se refiere específicamente a que no todos los encuestados quedaron totalmente satisfechos con el desempeño de todos los aspectos y esto se refleja en que se obtuvo una respuesta negativa contra las seis positivas en lo referente a la pregunta 9 que habla sobre la posibilidad de un estudiante de identificar el bulbo raquídeo usando el programa computarizado mostrado. Si bien la casi totalidad de los docentes consideran que es posible para un alumno de psicología identificar este elemento que hacer parte de la anatomía cerebral (85.7% de aprobación contra 14.3% de desaprobación), dejando abiertos espacios para mejoras en el software que se está desarrollando. Así mismo, la pregunta número 11 que trata de establecer si los docentes consideran que el programa computarizado mostrado tiene la capacidad de enseñar a un estudiante a identificar la parte de la medula espinal asociada al cerebro, se obtuvo los mismos resultados que la pregunta numero 9 (85.7% de aprobación contra 14.3% de desaprobación), lo cual brinda una nueva oportunidad de realizar cambios que puedan complacer, sino es a la totalidad, a la inmensa mayoría de las personas que van a usar esta herramienta didáctica.

Conclusiones y futuros trabajos

Si bien el programa computarizado para la enseñanza de la anatomía cerebral a los estudiantes de psicología de la Universidad de la Costa aún tiene un largo camino que recorrer hasta su terminación, los avances mostrados son prometedores. Los docentes expresaron su interés en esta herramienta mediante una sesión de espacio abierto donde fue mostrado. La ventaja de la metodología de desarrollo aquí aplicada (desarrollo por prototipado) permite que los cambios que se necesiten realizar puedan hacerse rápidos y con intervención directa de personal especializado. Esto demuestra la capacidad que tiene la Realidad Virtual tienen la capacidad de convertirse en una herramienta indispensable, no solo en esta carrera, sino en todas y así ofrecer a los estudiantes un método innovador que ha probado ser extremadamente eficiente.

Esto concluye la primera etapa de un proyecto, que en futuras iteraciones contempla la creación de un software más completo, que solamente finalizara al completar e implementar en su totalidad lo visionado en esta tesis. Por ello se dejan abiertas puertas para estudios que puedan valorar el programa computarizado en etapas más avanzadas y la prueba de este al público objetivo.

Referencias

- Altamura, A. C., Maggioni, E., Dhanoa, T., Ciappolino, V., Paoli, R. A., Cremaschi, L., ... Brambilla, P. (2018). The impact of psychosis on brain anatomy in bipolar disorder: A structural MRI study. *Journal of Affective Disorders*, 233(October 2017), 100–109.
<https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.11.092>
- Alves, P., Miranda, L., & Morais, C. (2015). Publishing and accessing contents on a virtual learning environment of a higher education institution. In *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1–6).
<https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170468>
- Andersson, G. (2018). Internet interventions: Past, present and future. *Internet Interventions*, 12(March), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.invent.2018.03.008>
- AP. (2016). Chicago: Centro médico usa realidad virtual para enseñanza - Hoy Chicago. Retrieved April 26, 2018, from <http://www.chicagotribune.com/hoy/ct-hoy-8662179-chicago-centro-medico-usa-realidad-virtual-para-ensenanza-story.html>
- Archives Center, National Museum of American History, S. I. (2010). *Whirlwind Computer Collection*.
- Ariyana, Y., & Wuryandari, A. I. (2012). Virtual Interaction on Augmented Reality for Education with Nonparametric Belief Propagation Algorithm. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 67(November 2011), 590–599.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.364>
- Bailenson, J. N., Yee, N., Merget, D., & Schroeder, R. (2006). The effect of behavioral realism and form realism of real-time avatar faces on verbal disclosure, nonverbal disclosure, emotion recognition, and copresence in dyadic interaction. *Presence: Teleoperators and*

Virtual Environments, 15(4), 359–372. <https://doi.org/10.1162/pres.15.4.359>

Barron, A. B., Hebets, E. A., Cleland, T. A., Fitzpatrick, C. L., Hauber, M. E., & Stevens, J. R.

(2015). Embracing multiple definitions of learning. *Trends in Neurosciences*, 38(7), 405–407. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.04.008>

Bell, J. T., Fogler, H. S., & Arbor, A. (1995). The Investigation and Application of Virtual

Reality as an Educational Tool. In *Proceedings of the American Society for Engineering Education* (pp. 1–11). Anaheim, U.S. Retrieved from

https://www.researchgate.net/profile/Hs_Fogler/publication/247920944_The_Investigation_and_Application_of_Virtual_Reality_as_an_Educational_Tool/links/55f721fb08ae07629dbfcfee.pdf

Bertrand, J., Brickler, D., Babu, S., Madathil, K., Zelaya, M., Wang, T., ... Luo, J. (2015). The

role of dimensional symmetry on bimanual psychomotor skills education in immersive virtual environments. In *2015 IEEE Virtual Reality Conference, VR 2015 - Proceedings* (pp. 3–10). <https://doi.org/10.1109/VR.2015.7223317>

Biocca, F. (2006). The Cyborg 's Dilemma : Progressive Embodiment in Virtual Environments .

The Cyborg 's Dilemma : Progressive Embodiment in Virtual Environments [1], (December).

Bohil, C. J., Alicea, B., & Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and

therapy. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(12). <https://doi.org/10.1038/nrn3122>

Bolas, M. T. (1994). Human factors in the design of an immersive display. *IEEE Computer*

Graphics and Applications, 14(1), 55–59.

Bongers, P. J., Van Hove, P. D., Stassen, L. P. S., Dankelman, J., & Schreuder, H. W. R. (2015).

A new virtual-reality training module for laparoscopic surgical skills and equipment

- handling: Can multitasking be trained? A randomized controlled trial. *Journal of Surgical Education*, 72(2), 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2014.09.004>
- Brooks, F. P., Ouh-Young, M., Batter, J. J., & Kilpatrick, P. J. (1990). Project GROPE Haptic displays for scientific visualization. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 24(4), 177–185. <https://doi.org/10.1145/97880.97899>
- Brooks Jr, F. P., Airey, J., Alspaugh, J., Bell, A., Brown, R., Hill, C., ... Yuan, X. (1992). *Six Generations of Building Walkthrough: Final Technical Report to the National Science Foundation*. North Carolina, U.S.
- Brundage, S. B., Brinton, J. M., & Hancock, A. B. (2016). Utility of virtual reality environments to examine physiological reactivity and subjective distress in adults who stutter. *Journal of Fluency Disorders*, 50, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.jfludis.2016.10.001>
- Bryson, S., & Levit, C. (1991). The virtual windtunnel: An environment for the exploration of three-dimensional unsteady flows. *Proceedings of the 2nd Conference on Visualization '91*, (October), 17–24. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2005.87>
- Bun, P., Gorski, F., Grajewski, D., Wichniarek, R., & Zawadzki, P. (2017). Low – Cost Devices Used in Virtual Reality Exposure Therapy. *Procedia Computer Science*, 104(December 2016), 445–451. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.158>
- Cabero Almerana, J. (2007). *Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U (Vol. 1).
- Centers for Medicare and Medicaid Services. (2008). Selecting a development approach.
- Chuptys, S., & Coninck, J. De. (2013). Head Mounted Displays. In *inproceedings* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.2493/jjspe.54.264>
- Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The Past, Present, and Future of

Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9(November), 1–20.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>

Comisión de las Comunidades Europeas. (2001). *Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo El papel de las TIC en la política comunitaria de desarrollo*. Bruselas.

Cornell INSEAD WIPO. (2017). Indicator Rankings & Analysis | Global Innovation Index.

Retrieved April 26, 2018, from <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>

Cruz-neira, C., Sandin, D. J., & Defanti, T. A. (1993). Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE. In *Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 135–142).

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35(6), 64–72. <https://doi.org/10.1145/129888.129892>

Da Silva, M. H., Legey, A. P., & Mól, A. C. D. A. (2016). Review study of virtual reality techniques used at nuclear issues with emphasis on Brazilian research. *Annals of Nuclear Energy*, 87, 192–197. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2015.08.017>

Dávideková, M., Mjartan, M., & Greguš, M. (2017). Utilization of Virtual Reality in Education of Employees in Slovakia. *Procedia Computer Science*, 113, 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.365>

Davis, M. C., Can, D. D., Pindrik, J., Rocque, B. G., & Johnston, J. M. (2016). Virtual Interactive Presence in Global Surgical Education: International Collaboration Through Augmented Reality. *World Neurosurgery*, 86, 103–111.

<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.08.053>

Didehbani, N., Allen, T., Kandalafi, M., Krawczyk, D., & Chapman, S. (2016). Virtual Reality

Social Cognition Training for children with high functioning autism. *Computers in Human Behavior*, 62, 703–711. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.04.033>

Djukic, T., Mandic, V., & Filipovic, N. (2013). Virtual reality aided visualization of fluid flow simulations with application in medical education and diagnostics. *Computers in Biology and Medicine*, 43(12), 2046–2052. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.10.004>

Everett, R. R., & Jacobs, J. F. (1965). *Whirlwind I Computer*.

Everett, R. R., & Swain, F. E. (1947). *Project Whirlwind. SERVOMECHANISMS LABORATORY MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY*. Massachusetts. Retrieved from <http://libraries.mit.edu/archives/exhibits/project-whirlwind/index.html>

Fang, Y., Yan, J., Liu, X., & Wang, J. (2019). Stereoscopic image quality assessment by deep convolutional neural network. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 58, 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.12.006>

Farra, S., Miller, E. T., Hodgson, E., Cosgrove, E., Brady, W., Gneuhs, M., & Baute, B. (2016). Storyboard Development for Virtual Reality Simulation. *Clinical Simulation in Nursing*, 12(9), 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2016.04.002>

Feiner, S., Macintyre, B., & Seligmann, D. (1993). Knowledge-based augmented reality. *Communications of the ACM*, 36(7), 53–62. <https://doi.org/10.1145/159544.159587>

Figuerola, P., Coral, M., Boulanger, P., Borda, J., Londoño, E., Vega, F., ... Restrepo, D. (2009). Multi-modal exploration of small artifacts. In *Proceedings of the 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '09* (Vol. 1, p. 67). Kyoto, Japan. <https://doi.org/10.1145/1643928.1643945>

Fuchs, H., Bishop, G., Bricken, W., Brooks, F., Brown, M., Burbeck, C., ... Wenzel, E. (1992).

Research Directions in Virtual Environments. NSF Invitational Workshop. Chapel Hill.

<https://doi.org/10.1145/142413.142416>

Gagné, R. M. (1984). Learning outcomes and their effects: Useful categories of human performance. *American Psychologist*, 39(4), 377–385. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.39.4.377>

Graells, P. M. (2015). Las TIC y sus aportaciones a la sociedad. *ResearchGate*, (35), 7.

Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/267419766_LAS_TIC_Y_SUS_APORTACIONES_A_LA_SOCIEDAD

Greenwald, S. W., Kulik, A., Beck, S., Cobb, S., Parsons, S., Newbutt, N., ... Maes, P. (2017).

Technology and Applications for Collaborative Learning in Virtual Reality. *Technology and Applications for Collaborative Learning in Virtual Reality*, 719–726. Retrieved from

<https://repository.isls.org/bitstream/1/210/1/115.pdf>

Guedes, H. G., Câmara Costa Ferreira, Z. M., Ribeiro de Sousa Leão, L., Souza Montero, E. F.,

Otoch, J. P., & Luiz de Almeida Artifon, E. (2019). Virtual reality simulator versus box-trainer to teach minimally invasive procedures: A meta-analysis. *International Journal of*

Surgery, 61(December 2018), 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2018.12.001>

Guney, A., & Al, S. (2012). Effective Learning Environments in Relation to Different Learning

Theories. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 2334–2338.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.480>

Haelermans, C., & Witte, K. De. (2012). The role of innovations in secondary school

performance – Evidence from a conditional efficiency model. *European Journal of*

- Operational Research*, 223(2), 541–549. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.06.030>
- Hafner, K., & Lyon, M. (1998). *Where wizards stay up late: The origins of the Internet*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Häfner, P., Häfner, V., & Ovtcharova, J. (2013). Teaching methodology for virtual reality practical course in engineering education. In *Procedia Computer Science* (Vol. 25, pp. 251–260). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.031>
- Hagar, C. (2011). Introduction. In *Crisis Information Management: Communication and Technologies* (pp. 1–7). <https://doi.org/10.1016/B978-1-84334-647-0.50017-5>
- Harrington, C. M., Kavanagh, D. O., Quinlan, J. F., Ryan, D., Dicker, P., O’Keeffe, D., ... Tierney, S. (2017). Development and evaluation of a trauma decision-making simulator in Oculus virtual reality. *American Journal of Surgery*, pp. 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.02.011>
- He, C., Hu, X., Liu, Y., Wang, Y., & Cheng, H. (2012). A novel drift compensating method for orientation measurement system in VR applications. In *2012 IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings* (pp. 2482–2487). <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2012.6229539>
- Hogg, M. E., Tam, V., Zenati, M., Novak, S., Miller, J., Zureikat, A. H., & Zeh, H. J. (2016). Mastery-Based Virtual Reality Robotic Simulation Curriculum: The First Step Toward Operative Robotic Proficiency. *Journal of Surgical Education*.
<https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2016.10.015>
- Holloway, R., & Lastra, A. (1995). Virtual environments: A survey of the technology. *SIGGRAPH'95 Course*, 8(September), 1–40. Retrieved from

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.91.7388&rep=rep1&type=pdf>

- Howard, M. C. (2019). Virtual Reality Interventions for Personal Development: A Meta-Analysis of Hardware and Software. *Human-Computer Interaction*, 34(3), 205–239. <https://doi.org/10.1080/07370024.2018.1469408>
- Jang, S., Vitale, J. M., Jyung, R. W., & Black, J. B. (2017). Direct manipulation is better than passive viewing for learning anatomy in a three-dimensional virtual reality environment. *Computers and Education*, 106, 150–165. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.009>
- Juang, J. R., Hung, W. H., & Kang, S. C. (2013). SimCrane 3D+: A crane simulator with kinesthetic and stereoscopic vision. *Advanced Engineering Informatics*, 27(4), 506–518. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2013.05.002>
- Kalavakonda, N., Chandra, S., & Thondiyath, A. (2015). Development of virtual reality based robotic surgical trainer for patient-specific deformable anatomy. In *Conference on Advances In Robotics - AIR '15* (pp. 1–5). Goa, India. <https://doi.org/10.1145/2783449.2783465>
- Kim, H. E., Hong, Y. J., Kim, M. K., Jung, Y. H., Kyeong, S., & Kim, J. J. (2017). Effectiveness of self-training using the mobile-based virtual reality program in patients with social anxiety disorder. *Computers in Human Behavior*, 73, 614–619. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.04.017>
- Kim, J.-H. K. J.-H., Thang, N. D. T. N. D., Kim, T.-S. K. T.-S., Ph, D., Voinea, A., Shin, J., ... Smith, K. (2013). Virtual Reality History, Applications, Technology and Future. *Digital Outcasts*, 63(ISIE), 92–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-404705-1.00006-6>
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives-the development of an augmented

- reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203–228. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>
- KOCIAN, D. F. (1977). A Visually-Coupled Airborne Systems Simulator (VCASS) - An Approach To Visual Simulation. In *Image Conference* (p. pp 3-11). Phoenix, U.S.
- Kockro, R. A., Killeen, T., Ayyad, A., Glaser, M., Stadie, A., Reisch, R., ... Schwandt, E. (2016). Aneurysm Surgery with Preoperative Three-Dimensional Planning in a Virtual Reality Environment: Technique and Outcome Analysis. *World Neurosurgery*, 96, 489–499. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.08.124>
- Lam, C. K., Sundaraj, K., & Sulaiman, M. N. (2013). Virtual reality simulator for phacoemulsification cataract surgery education and training. In *Procedia Computer Science* (Vol. 18, pp. 742–748). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.238>
- Lamargue-Hamel, D., Deloire, M., Saubusse, A., Ruet, A., Taillard, J., Philip, P., & Brochet, B. (2015). Cognitive evaluation by tasks in a virtual reality environment in multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 359(1–2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.10.039>
- Leiner, B. M., Cerf, V. G., Clarck, D. D., Kahn, R. E., Kleinrock, L., Lynch, D., ... Wolff, S. (1997). *A brief history of internet. Studies in Health Technology and Informatics* (Vol. 36). <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-880-9-121>
- Liu, D., Sun, Z., Li, R., Liu, J., & Chen, C. (2010). The application of Virtual Reality in the practice course of physical education. In *ICDLE 2010 - 2010 4th International Conference on Distance Learning and Education, Proceedings* (pp. 78–80). San Juan, PR, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDLE.2010.5606035>
- Liu, X., Toki, E. I., & Pange, J. (2014). The Use of ICT in Preschool Education in Greece and

- China : A Comparative Study. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (Vol. 112, pp. 1167–1176). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1281>
- López-Martín, O., Segura Fragoso, A., Rodríguez Hernández, M., Dimbwadyo Terrer, I., & Polonio-López, B. (2016). Efectividad de un programa de juego basado en realidad virtual para la mejora cognitiva en la esquizofrenia. *Gaceta Sanitaria*, 30(2), 133–136. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.10.004>
- López, B. G., Cerveró, G. A., Rodríguez, J. M. S., Félix, E. G., & Esteban, P. R. G. (2013). Learning styles and approaches to learning in excellent and average first-year university students. *European Journal of Psychology of Education*, 28(4), 1361–1379. <https://doi.org/10.1007/s10212-012-0170-1>
- Machover, C., & Tice, S. E. (1994). Virtual reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 14(1), 15–16. <https://doi.org/10.1109/38.250913>
- Maffei, L., Masullo, M., Pascale, A., Ruggiero, G., & Romero, V. P. (2016). Immersive virtual reality in community planning: Acoustic and visual congruence of simulated vs real world. *Sustainable Cities and Society*, 27, 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.022>
- Mai, C., Hassib, M., & Königbauer, R. (2017). Estimating visual discomfort in head-mounted displays using electroencephalography. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10516 LNCS, 243–252. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68059-0_15
- Makransky, G., Lilleholt, L., & Aaby, A. (2017). Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. *Computers in Human Behavior*, 72, 276–285. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.066>

- Marins, R., Mol, D. A., Paula, A., Siqueira, L. De, & Mol, D. M. (2015). Progress in Nuclear Energy Using virtual reality to support the physical security of nuclear facilities, 78. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.07.004>
- Mathews, M., Mitrovic, A., Ohlsson, S., Holland, J., & McKinley, A. (2016). A Virtual Reality Environment for Rehabilitation of Prospective Memory in Stroke Patients. *Procedia Computer Science*, 96, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.08.081>
- Matzke, J., Ziegler, C., Martin, K., Crawford, S., & Sutton, E. (2017). Usefulness of virtual reality in assessment of medical student laparoscopic skill. *Journal of Surgical Research*, 211(502), 191–195. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.11.054>
- McGreevy, M. W. (1991). THE VIRTUAL ENVIRONMENT DISPLAY SYSTEM. *National Aeronautics and Space Administration, Technology 2000*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24474-2>
- McLean, A. N., & Christensen, J. W. (2017). The application of learning theory in horse training. *Applied Animal Behaviour Science*, 190, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.02.020>
- Mechta, D., Harous, S., Djoudi, M., Douar, A., & Belmahdi, R. (2011). Supervision and control tool for E-learning virtual laboratory. In *2011 International Conference on Innovations in Information Technology, IIT 2011* (pp. 61–66). <https://doi.org/10.1109/INNOVATIONS.2011.5893869>
- Miki, T., Iwai, T., Kotani, K., Dang, J., Sawada, H., & Miyake, M. (2016). Development of a virtual reality training system for endoscope-assisted submandibular gland removal. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 44(11), 1800–1805. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.08.018>

- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Mixed Reality (MR) Reality-Virtuality (RV) Continuum. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2351(Telemanipulator and Telepresence Technologies), 282–292.
<https://doi.org/10.1.1.83.6861>
- Miranda, L. C. M., & Lima, C. A. S. (2012). Trends and cycles of the internet evolution and worldwide impacts. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(4), 744–765.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.09.001>
- Mirelman, A., Patritti, B. L., Bonato, P., & Deutsch, J. E. (2010). Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait and Posture*, 31(4), 433–437.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.01.016>
- Myron, K. W. (1992). An architecture for artificial realities. In *Digest of Papers COMPCON Spring 1992* (pp. 462–465). San Francisco, CA, USA, USA: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CMPCON.1992.186756>
- Niu, L., Aha, L., Mattila, J., Gotchev, A., & Ruiz, E. (2019). A stereoscopic eye-in-hand vision system for remote handling in ITER. *Fusion Engineering and Design*, (February), 0–1.
<https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.03.036>
- Odlyzko, A. (2012). Web history and economics. *Computer Networks*, 56(18), 3886–3890.
<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.10.011>
- Papanikolaou, I. G., Haidopoulos, D., Paschopoulos, M., Chatzipapas, I., Loutradis, D., & Vlahos, N. F. (2019). Changing the way we train surgeons in the 21th century: A narrative comparative review focused on box trainers and virtual reality simulators. *European Journal of Obstetrics Gynecology and Reproductive Biology*, 235, 13–18.
<https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2019.01.016>

- Parsons, S. (2016). Authenticity in Virtual Reality for assessment and intervention in autism: A conceptual review. *Educational Research Review*. Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.08.001>
- Pelargos, P. E., Nagasawa, D. T., Lagman, C., Tenn, S., Demos, J. V., Lee, S. J., ... Yang, I. (2017). Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. *Journal of Clinical Neuroscience*. Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.jocn.2016.09.002>
- Pelgrum, W. J. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: Results from a worldwide educational assessment. *Computers and Education*, 37(2), 163–178.
[https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(01\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(01)00045-8)
- Portman, M. E., Natapov, A., & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 376–384.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Prendes Espinosa, C. (2014). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 46(46), 187–203.
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>
- Pujol, J., Fenoll, R., Ribas-Vidal, N., Martínez-Vilavella, G., Blanco-Hinojo, L., García-Alba, J., ... Esteba-Castillo, S. (2018). A longitudinal study of brain anatomy changes preceding

- dementia in Down syndrome. *NeuroImage: Clinical*, 18(September 2017), 160–166.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.01.024>
- Rizzo, A., John, B., Newman, B., Williams, J., Hartholt, A., Lethin, C., & Buckwalter, J. G. (2012). Virtual Reality as a Tool for Delivering PTSD Exposure Therapy and Stress Resilience Training. *Military Behavioral Health*, 1(1), 52–58.
<https://doi.org/10.1080/21635781.2012.721064>
- Roy, A. K., Soni, Y., & Dubey, S. (2013). Enhancing effectiveness of motor rehabilitation using kinect motion sensing technology. *C2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite, GHTC-SAS 2013*, 298–304.
<https://doi.org/10.1109/GHTC-SAS.2013.6629934>
- Roy, E., Bakr, M. M., & George, R. (2015). The need for virtual reality simulators in dental education: A review. *Saudi Dental Journal*, pp. 41–47.
<https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.02.001>
- Rushton, S., Mon-Williams, M., & Wann, J. P. (1994). Binocular vision in a bi-ocular world: new-generation head-mounted displays avoid causing visual deficit. *Displays*, 15(4), 255–260. [https://doi.org/10.1016/0141-9382\(94\)90073-6](https://doi.org/10.1016/0141-9382(94)90073-6)
- Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. <https://doi.org/10.1038/nrn1651>
- Sandaruwan, D., Kodikara, N., Keppitiyagama, C., Rosa, R., Jayawardena, M., & Samarasinghe, P. (2012). User perception of the physical & behavioral realism of a maritime virtual reality environment. In *Proceedings - 2012 14th International Conference on Modelling and Simulation, UKSim 2012* (pp. 172–178). <https://doi.org/10.1109/UKSim.2012.32>
- Semana Educacion. (2016). Colombia quedó entre los diez países con peor resultado en las

- Pruebas Pisa 2012. Retrieved April 26, 2018, from
<https://www.semana.com/educacion/articulo/colombia-quedo-entre-los-diez-paises-con-peor-resultado-en-las-pruebas-pisa-2012/460104>
- Seth, A., Vance, J. M., & Oliver, J. H. (2011). Virtual reality for assembly methods prototyping: A review. *Virtual Reality*, 15(1), 5–20. <https://doi.org/10.1007/s10055-009-0153-y>
- Seymour, N. E., Gallagher, A. G., Roman, S. A., O'Brien, M. K., Bansal, V. K., Andersen, D. K., & Satava, R. M. (2002). Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of Surgery*, 236(4), 454–458. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000028969.51489.b4>
- Sfard, A. (2007). On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One. *Educational Researcher*, 27(2), 4–13. <https://doi.org/10.3102/0013189x027002004>
- Skinner, B. F. (2014). *Science and Human Behavior*. Free Press; Edición: New Impression (1 de marzo de 1965) (Vol. 28). <https://doi.org/10.1021/cen-v028n052.p4529>
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (2015). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130–144. <https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>
- Sobota, B., Koreňko, Pastorník, P., & Jacho, L. (2016). Virtual-reality technologies in the process of handicapped school children education. In *ICETA 2016 - 14th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings* (pp. 321–326). Starý Smokovec, Slovakia. <https://doi.org/10.1109/ICETA.2016.7802077>
- Stratos, A., Loukas, R., Dimitris, M., Konstantinos, G., Dimitris, M., & George, C. (2016). A Virtual Reality Application to Attract Young Talents to Manufacturing. *Procedia CIRP*, 57,

- 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.024>
- Su, X., & Zhao, G. (2010). Study on virtual experiment platform of computer network. In *2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA 2010* (Vol. 3, pp. 648–651). <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2010.782>
- Sundar, S. S., Xu, Q., & Bellur, S. (2010). Designing interactivity in media interfaces, (January), 2247. <https://doi.org/10.1145/1753326.1753666>
- Sutherland, I. E. (1965). The Ultimate Display. In *Proceedings of IFIP Congress* (pp. 506–508). Munich, Germany. <https://doi.org/10.1109/MC.2005.274>
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I)*, 757. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Thomas, J. S., France, C. R., Applegate, M. E., Leitkam, S. T., & Walkowski, S. (2016). Feasibility and Safety of a Virtual Reality Dodgeball Intervention for Chronic Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Pain*, 17(12), 1302–1317. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2016.08.011>
- Ulrich, D., Farra, S., Smith, S., & Hodgson, E. (2014). The student experience using virtual reality simulation to teach decontamination. *Clinical Simulation in Nursing*, 10(11), 546–553. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2014.08.003>
- UNESCO. (2008). *ICT Competency Standards for Teachers*.
- Vaughan, N., Gabrys, B., & Dubey, V. N. (2016). An overview of self-adaptive technologies within virtual reality training. *Computer Science Review*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2016.09.001>
- Wilson, M., Scalise, K., & Gochyyev, P. (2015). Rethinking ICT literacy: From computer skills

to social network settings. *Thinking Skills and Creativity*, 18, 65–80.

<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.05.001>

Witmer, B. G., & Sadowski, W. J. (2007). Nonvisually Guided Locomotion to a Previously Viewed Target in Real and Virtual Environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(3), 478–488.

<https://doi.org/10.1518/001872098779591340>

Witte, K. De, & Rogge, N. (2014). Computers & Education Does ICT matter for effectiveness and efficiency in mathematics education ? *Computers & Education*, 75, 173–184.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.02.012>

Wu, J. X., Chen, G. C., Chang, C. W., & Lin, C. H. (2016). Development of virtual-reality simulator system for minimally invasive surgery (MIS) using fractional-order vascular access. In *Proceedings of 2016 SAI Computing Conference, SAI 2016* (pp. 1257–1259).

<https://doi.org/10.1109/SAI.2016.7556140>

Yuan, Y. (2016). Cloud Classroom Boost Online Learning and Educational Resources Sharing. *2016 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, 80–83.

<https://doi.org/10.1109/ISET.2016.18>

Zahedi, E., Rahmat-Khan, H., Dargahi, J., & Zadeh, M. (2017). Virtual Reality Based Training : Evaluation of User Performance by Capturing Upper Limb Motion. *Virtual Reality (VR), 2017 IEEE*, 255–256. <https://doi.org/10.1109/VR.2017.7892273>

Zhirnova, G. I., & Absalyamova, S. G. (2013). Global innovation gap and quality of education. In *2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)* (pp. 144–145). Kazan, Russia. <https://doi.org/10.1109/ICL.2013.6644558>

Zhou, X., Zhao, Y., Zhou, Y., & Li, F. (2011). Information research of remote pulse diagnose

based on virtual technology. In *2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2011* (pp. 419–421).

<https://doi.org/10.1109/ICCSN.2011.6014082>

Zita Sampaio, A., & Viana, L. (2013). Virtual Reality used as a learning technology: Visual simulation of the construction of a bridge deck. *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–5. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6615855

Ray Schmeck, Ronald. (1988). Learning Strategies and Learning Styles. 10.1007/978-1-4899-2118-5.

Daroff, R. B., & Aminoff, M. J. (2014). *Encyclopedia of the Neurological Sciences*. Burlington: Elsevier Science.

Anexos

Cuestionario de preguntas a docentes

NOMBRE _____

FORMACION _____

Cuestionario TIC

Nota: El presente cuestionario no tiene como fin calificar su desempeño como docente. Hace parte de un estudio llevado a cabo como parte de una tesis de maestría.

Se les pide honestidad absoluta a todas las preguntas, puesto que será fundamental para el correcto desarrollo de este proyecto. En caso de desconocer la respuesta a alguna pregunta, por favor especifique eso, escribiendo “Desconozco” u otro sinónimo.

Pregunta # 1

¿Conoce el concepto de TIC?

☐ SI ☐ NO

(En caso de responder NO, por favor pase a la pregunta 5)

Pregunta # 2

¿Ha implementado las TIC en sus clases?

☐ SI ☐ NO

Pregunta # 3

¿Conoce que es Realidad Virtual?

___ SI

___ NO

Pregunta # 4

¿Piensa que el proyecto mostrado actualmente tiene potencial de aplicación a su clase?

___ SI

___ NO

Pregunta # 5

¿Ha recibido capacitación para la aplicación de TIC o Realidad Virtual en su clase?

___ SI

___ NO

Para responder las siguientes preguntas, recuerde que el programa en desarrollo mostrado es una herramienta pensada para el uso del docente, mas no un sustituto para este.

Pregunta # 6

¿Considera que el programa mostrado serviría a un estudiante para identificar los hemisferios cerebrales?

___ SI

___ NO

Pregunta # 7

¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar el cerebelo?

___ SI

___ NO

Pregunta # 8

¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar el tronco encefálico?

___ SI

___ NO

Pregunta # 9

¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar el bulbo raquídeo?

___ SI

___ NO

Pregunta # 10

¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar los lóbulos cerebrales?

___ SI

___ NO

Pregunta # 11

¿Considera que el programa mostrado, junto con un correcto acompañamiento educativo, podría ayudar a un estudiante a identificar la parte de la medula espinal?

___ SI

___ NO

Pregunta # 12

Hasta en esta etapa del desarrollo del programa, ¿cree que puede ser considerado como una ayuda didáctica para un estudiante?

___ SI

___ NO

Pregunta # 13

Hasta en esta etapa del desarrollo del programa, ¿cree que este tipo de ayuda didáctica tiene potencial de uso en su entorno de enseñanza?

___ SI

___ NO